

目錄

在台灣的亞洲蜆(<i>Corbicula fluminea</i>)其生殖腺構造和性比	賴俊任、蔡奇立、郭金泉	1
運用開放資料建置臺灣陸域環境因子多時序資料集	陳宛均、羅祈鈞、蔡富安、張安瑜	13
馬祖列島雌光螢族群分布調查	方華德、呂俊緯、蔡娜樺、胡景瀚、何健鎔、謝佳宏	45
首次記錄台灣產雙首冠擬蠍(擬蠍目:蟹擬蠍科)與大衛天牛(鞘翅目:天牛科)之攜播關係	林湘芸、劉錫軒	63

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 編印
Published by Endemic Species Research Institute,
Council of Agriculture, Taiwan, R. O. C.



台灣生物多樣性研究 Taiwan Journal of Biodiversity

第 22 卷 第 1 期 | 中華民國 109 年 1 月
Vol. 22, No. 1 | January 2020





封面圖說／

此為東莒黃緣雌光螢 (*Rhagophthalmus giallateralus*) 的雌成蟲，求偶時，腹部向上彎曲近90度展示螢光，吸引雄蟲前來交配。
(方華德 攝)

台灣生物多樣性研究

(原為《特有生物研究》半年刊，2010年元月起更名，並以季刊發行)

發行人／楊嘉棟
總編輯／何東輯

執行編輯／(依姓氏筆劃序)

李麗華、呂明倫、林斯正、林春富
柯智仁、陳志輝、楊正雄、詹芳澤
鄭錫奇、蔡奇立、薛美莉

編輯諮詢委員／(依姓氏筆劃序)

于宏燦、方力行、王 穎、王震哲
王 鑫、呂光洋、呂福原、李玲玲
汪靜明、周昌弘、吳忠宏、吳錫圭
吳繼光、邵廣昭、林幸助、林曜松
郭城孟、陳明義、陳章波、許建昌
張清風、黃 生、游祥平、楊平世
楊政川、廖一久、裴家騏、趙榮台
劉小如、蔡住發、鄭蕙燕、歐辰雄
蔣鎮宇

英文編輯／金恆鑣
出版編輯／呂明倫

出版／農委會特有生物研究保育中心
住址／南投縣集集鎮55244民生東路1號
電話／049-2761331 轉 306
網址／<http://www.tesri.gov.tw>
美編／荳荳設計事業有限公司
出版日期／中華民國 109 年 1 月
創刊日期／中華民國 88 年元月
出版登記／局版台誌第 10207 號

Taiwan Journal of Biodiversity

(Continuation of former journal of “Endemic Species Research”, 1999-2009)

Publisher / Jia-Dong Yang
Editor-in-chief / Dong-Jyi Ho

Executive Editors /

Li-Hua Lee,	Ming-Lun Lu,
Sue-Cheng Lin,	Chun-Fu Lin,
Chie-Jen Ko,	Chih-Hui Chen,
Yang-Cheng Hsiung	Fang-Tse Chan
Hsi-Chi Cheng	Chi-Li Tsai,
Mei-Li Hsueh	

Editorial Board /

Hon-Tsen Yu,	Lee-Shing Fang,
Ying Wang,	Jenn-Che Wang,
Shin Wang,	Kuang-Yang Lue,
Fu-Yuan Lue,	Ling-Ling Lee,
Ching-Ming Wang,	Chang-Hung Chou,
Homer C. Wu,	Shi-Kuei Wu,
Chi-Guang Wu,	Kwang-Tsao Shao,
Hsing-Juh Lin,	Yao-Sung Lin,
Chen-Meng Kuo,	Ming-Yih Chen,
Chang-Po Chen,	Chien-Chang Hsu,
Ching-Fong Chang,	Shong Huang,
Hsiang-Ping Yu,	Ping-Shih Yang,
Jeng-Chuan Yang,	I-Chiu Liao,
Kurtis Jai-Chyi Pei,	Jung-Tai Chao,
Lucia Liu Severinghaus,	Chu-Fa Tsai,
Huei-Yann Joann Jeng,	Chern-Hsiung Ou,
Tzen-Yuh Chiang	

English Editors / Hen-Biau King

Publishing Editors / Ming-Lun Lu

Published by Endemic Species Research Institute

1 Min-Sheng E. Road, Jiji, Nantou 55244,
Taiwan, R.O.C.
Tel: 886-49-2761331 ext. 306
<http://tesri.tesri.gov.tw>

Published Date: January 2020

GPN: 2009900002
ISSN: 2076-6971

Contents

The Gonadal Structure and Sex Ratio of Asian Clam <i>Corbicula fluminea</i> in Taiwan Chun-Jan Lai, Chi-Li Tsai and Jin-Chywan Gwo	1
Using open data to establish a multi-temporal and terrestrial environmental dataset of Taiwan Wan-Jyun Chen, Chi-Chun Lo, Fu-An Tsai and An-Yu Chang	13
Population Distribution Survey of <i>Rhagophthalmus</i> species in Matsu Archipelago, Taiwan Hua-Te Fang, Chung-Wei Lu, Na-Hua Tsai, Jing-Han Hu, Jen-Zon Ho and Chia-Hung Hsieh	45
First record of a phoretic relationship between <i>Lophochernes bicarinatus</i> (Pseudoscorpionida: Cheliferidae) and <i>Batocera davidis</i> (Coleoptera: Cerambycidae) in Taiwan Hsiang-Yun Lin and Hsi-Hsuan Liu	63

在台灣의亞洲蜆(*Corbicula fluminea*)其生殖腺構造和性比

The Gonadal Structure and Sex Ratio of Asian Clam *Corbicula fluminea* in Taiwan

賴俊任¹ 蔡奇立² 郭金泉^{1*}

Chun-Jen Lai¹, Chi-Li Tsai² and Jin-Chywan Gwo^{1*}

¹國立臺灣海洋大學水產養殖學系 20224 基隆市中正區北寧路2號

²行政院農業委員會特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集鎮民生東路1號

¹ Department of Aquaculture, National Taiwan Ocean University, 20224 Keelung, Taiwan

² Endemic Species Research Institute, Jiji, 55244 Nantou, Taiwan

* 通訊作者 e-mail: gwo2019@gmail.com

*Corresponding author e-mail: gwo2019@gmail.com

摘要

蜆屬(*Corbicula*)的蜆依照其棲息環境與生殖腺的構造，可分為三種類群（1）生活於淡水，雌雄同體；（2）生活於淡水，雌雄異體；（3）生活於半淡鹹水，雌雄異體。為了瞭解在台灣的亞洲蜆(*Corbicula fluminea*)的生殖生物學，本研究以石蠟連續切片觀察每個台灣蜆的性腺發育並決定其性別。樣本採集自基隆(33 個)、七堵(10 個)、石碇(20 個)、三峽(9 個)、新屋(33 個)、后里(68 個)、蘇澳(20 個)及花蓮(30 個)，共 223 個樣本。結果發現 10 個雄性個體(三峽 1 個、新屋 2 個與后里 7 個)，其餘的樣本皆為雌雄同體(95.52%)，整體雄性的比例為 4.48%。未發現雌性個體。在台灣的亞洲蜆棲息於淡水，雌雄同體居多，雌雄異體只觀察到雄性個體，沒發現雌性個體。

關鍵詞：台灣蜆、性別、生殖

Abstract

The genus *Corbicula* can be divided into three groups by the living environment and reproduction mode: (1) living in freshwater, hermaphroditism (2) living in freshwater, dioecism, and (3) living in brackish water, dioecism. To understand the reproduction mode of *Corbicula fluminea* in Taiwan, we use the paraffin series section to observe the gonadal development and identify the sex. A total of 223 samples from Keelung (n=33), Qidu (n=10), Shiding (n=20), Sanxia (n=9), Xinwu (n=33), Houli (n=68), Su'ao (n=20) and Hualien (n=30) were investigated. Only ten males (Sanxia (n=1), Xinwu (n=2) and Houli (n=7); sex ratio (4.48%) were confirmed, the rest of the samples were hermaphroditism (95.52%), with no findings of female in the present study. The Asian clam in Taiwan inhabit freshwater, the majority are hermaphrodites, and only males are observed in dioecism.

Key words: *Corbicula fluminea*, sex, reproduction

收件日期：2019年10月01日

Received: October 01, 2019

接受日期：2020年01月13日

Accepted: January 13, 2020

緒言

2018年登錄於台灣貝類資料庫的台灣的蜆屬 (*Corbicula*) 共有4 個物種:台灣蜆 *Corbicula fluminea*、真蜆(環紋蜆) *Corbicula leana*、島蜆 *Corbicula insularis*及*Corbicula prodacta*。這四個物種是以其外殼殼形與殼色為依據進行分類。台灣蜆與真蜆的外貌相似,皆呈三角形,須以殼色方能區別(增田與內山,2005),台灣蜆的外殼呈綠色或黃色,而內殼呈白色或紫色(增田與內山,2005)。環紋蜆的外殼為綠色,內殼呈紺色(暗藍色)。島蜆外殼呈橄欖黃,內殼呈淺紫色,殼兩側幾乎等長 (Prime, 1867)。*Corbicula prodacta*早期台灣南部有發現(農復會漁業組,1973),現在已知日本國京都大学総合博物館保藏有其貝殼標本(<http://www.museum.kyoto-u.ac.jp/collection/Shell/Shell00001643.htm>)。*Corbicula prodacta*外殼是黃色,內殼紫色,外型接近圓形。

根據行政院農業委員會漁業署2018年水產年報的統計資料,2012-2017年間台灣淡水貝類的最大養植物種是台灣蜆、也是台灣所有貝類養殖的第三大物種。2017年,台灣蜆產量約4.5 千公噸;產值有2.28億新台幣之多,僅次於牡蠣、文蛤,是台灣高經濟價值的養植物種之一。1996年至2014年台灣蜆之年產量都維持在1萬公噸以上,但2015年以後卻由8 千公噸掉到6 千公噸,再滑落到2017年的4 千公噸,一年不如一年。

宮崎(1936)認為蜆屬的生物可依照

棲息生活環境、生殖腺的構造及繁殖方式將之分為3類;第一類生活於淡水域,雌雄同體,卵胎生;第二類生活於淡水域,雌雄異體,卵生;第三類生活於半淡鹹水域,雌雄異體,卵生。在日本,台灣蜆雖然有發現少部分的雄性個體,但依然是以雌雄同體為主(Houki *et al.*, 2011)。在台灣的亞洲蜆(在本文稱台灣蜆),根據陳等(1994)的報告指出,台灣蜆有雌雄同體與雌雄異體,兩種蜆個體。在宜蘭、麥寮及觀音皆發現有雌雄同體與雌雄異體的個體,其中流水區(宜蘭)比滯水區(麥寮、觀音)雌雄同體佔的比率高(巫,1997)。中國的河蜆則是有地域之別,不同地區雌雄同體與雌雄異體的狀況不同(王與常,2010)。

目前台灣蜆的胚胎發育有體內受精與體外受精二說(陳,1990、蕭,1987)。雌雄同體的蜆行自體體內受精,而雌雄異體的蜆,則需要將精卵排出體外,在周圍環境水中受精(巫,1997; 陳,2015)。Morton (1983, 1991)表示台灣蜆的性別與水流之流速有關,而古丸(2013)則認為是由遺傳決定。在日本,台灣蜆雖然有發現少部分的雄性個體,但依然是以雌雄同體為大宗(Houki *et al.*, 2011)。台灣蜆雖然有雌雄同體與雌雄異體兩種個體,但是台灣蜆的性腺不是集中成一個器官,而是分散在體腔(陳等,1994),因此不進行連續切片可能會誤判個體究竟應該是雌雄同體還是雌雄異體。本研究的目的為採集更多台灣各地的台灣蜆樣本,並調查台灣蜆在台灣不同地區的性別比例。樣本由2008逐年採集至2010年共3年。採集後樣本保存於

95%酒精，並以連續切片檢查樣本的生殖巢並判斷性別。

材料與方法

本實驗的樣本採自基隆、七堵、石碇、三峽、新屋、后里、蘇澳及花蓮(圖1)。採集後樣本以95%酒精固定，置於室溫保存。其固定方法如下：

- 一、切斷蜆的閉殼肌。
- 二、將其浸入95%酒精中脫水，分別於1 min、5 min、10 min、30 min及1 hr後置換一次酒精。

三、以95%作為保存液，放置於室溫中。

用石蠟包埋，處理步驟如下：

- 一、以95%及100%各浸泡2次，每次30 min，使樣本完全脫水。
- 二、將樣本放入100%酒精：Xyline=1：1的溶液中浸泡30 min。
- 三、將樣本放入Xyline浸泡30 min。
- 四、將樣本放入Xyline：石蠟=1：1的溶液中，置於65°C恆溫箱內浸泡30 min。
- 五、將樣本放入石蠟中，置於65°C恆溫箱內浸泡30 min。
- 六、將樣本以石蠟包埋，即可進行切片。

因為蜆的性腺與體腔的消化、循環、呼吸等組織和器官緊密結合無法切開分離，我們只能以切片厚度約6 μm 的連續切片(Serial Section)並使用蘇木精溶(Hematoxylin, Leica Biosystems, USA)與伊紅-Y溶液(Eosin, Thermo Scientific, USA)進行H&E雙重染色(圖2)，確認每個蜆個體性腺生殖巢的構造，判斷每個蜆個體究竟是雌雄同體還是雌雄異體。我們用光學顯微鏡(Olympus, BX50M, Tokyo, Japan)觀察切片並拍照紀錄。有時須以油鏡放大千倍，仔細再三觀察切片組織，以分辨精子與卵子、分析性腺(生殖腺)構造。最後再依此判斷個體是雄性、是雌性、是雌雄異體或是雌雄同體，計算所占之比例。

結果

觀察連續切片之結果我們發現台灣蜆存在雌雄同體的個體和雄性單性的個體。雌雄同體的台灣蜆的性腺經 H&E 雙重染色



圖1. 採樣地點。

Fig. 1. Sampling locations.

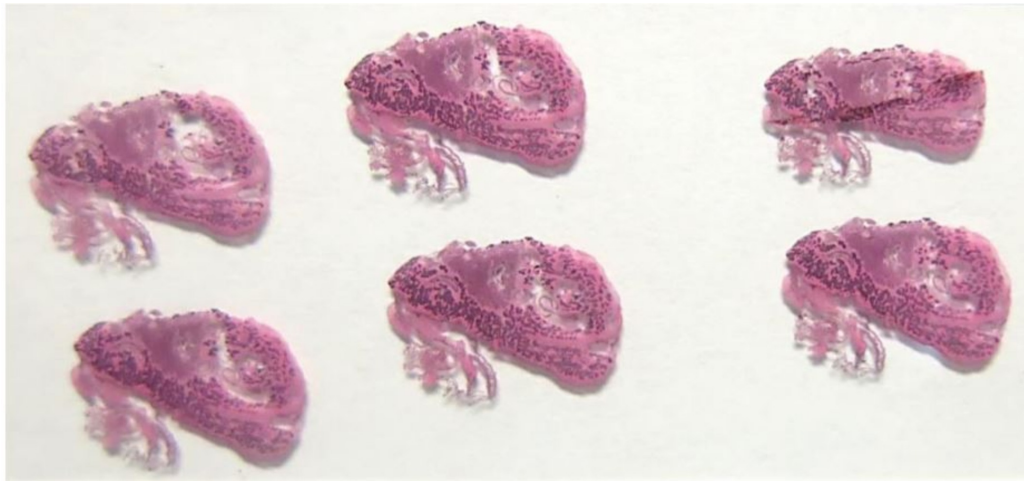


圖2. 我們以石蠟連續切片觀察在台灣的亞洲蜆的性腺並決定其性別。

Fig. 2. We use paraffin series section to observe the gonad and to identify the sex of Asian clam *Corbicula fluminea* in Taiwan .

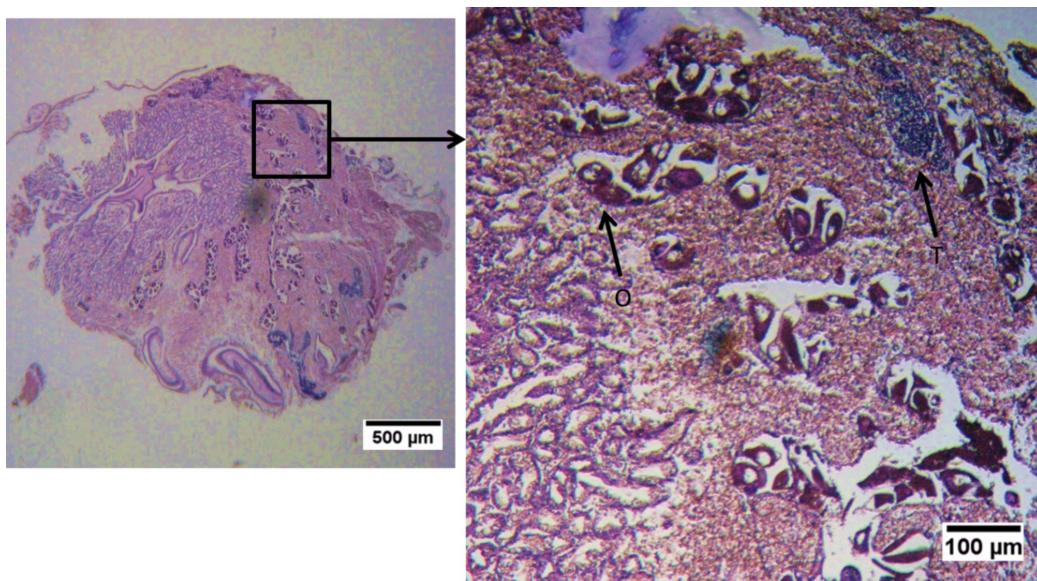


圖3. 雌雄同體的 *Corbicula fluminea* 之性腺。

Fig. 3. The gonad of hermaphroditism *Corbicula fluminea* .

T: Testis精巢 O: Ovary卵巢

後 (圖2)，可見性腺組織存在大量不規則形狀的圓形囊泡(Cyst)，精巢 (T: Testis)呈深紫藍色(圖3)，卵巢 (O: Ovary)呈紅色(圖3)。雌性腺卵巢內的卵呈偏紅的紫色，可見到含透明油滴(OD: Oil Drop)的卵(圖4)，有時在油滴附近能看到顏色深紫的球型核仁(Nucleolous, 圖4)。雄性單性個體精巢之囊泡(cyst)幾乎占滿整個雄性蜆的性腺(圖5)。

雌雄同體的台灣蜆之性腺有兩種囊泡(圖6)：(1) 精與卵分開型:精巢與卵巢分開(圖

6A)，同時獨立存在於性腺組織的不同囊泡；(2) 精與卵混合型(Mixed Cyst)：精巢和卵巢混合在同一個囊泡 (圖6B)，卵巢位處囊泡中心，精巢圍繞著卵巢，位於囊泡周緣。囊泡飽滿的雄性個體的性腺，可觀察到囊泡內精巢的精子尚未解離，和囊泡已破，解離散開的精子(圖7)。尚未解離的多個精子匯聚成頂體朝內，鞭毛朝外的球型精子團 (Sperm Cluster, 圖7B藍箭頭)；旁邊有囊泡已破，解離散開獨立的精子 (圖7B紅箭

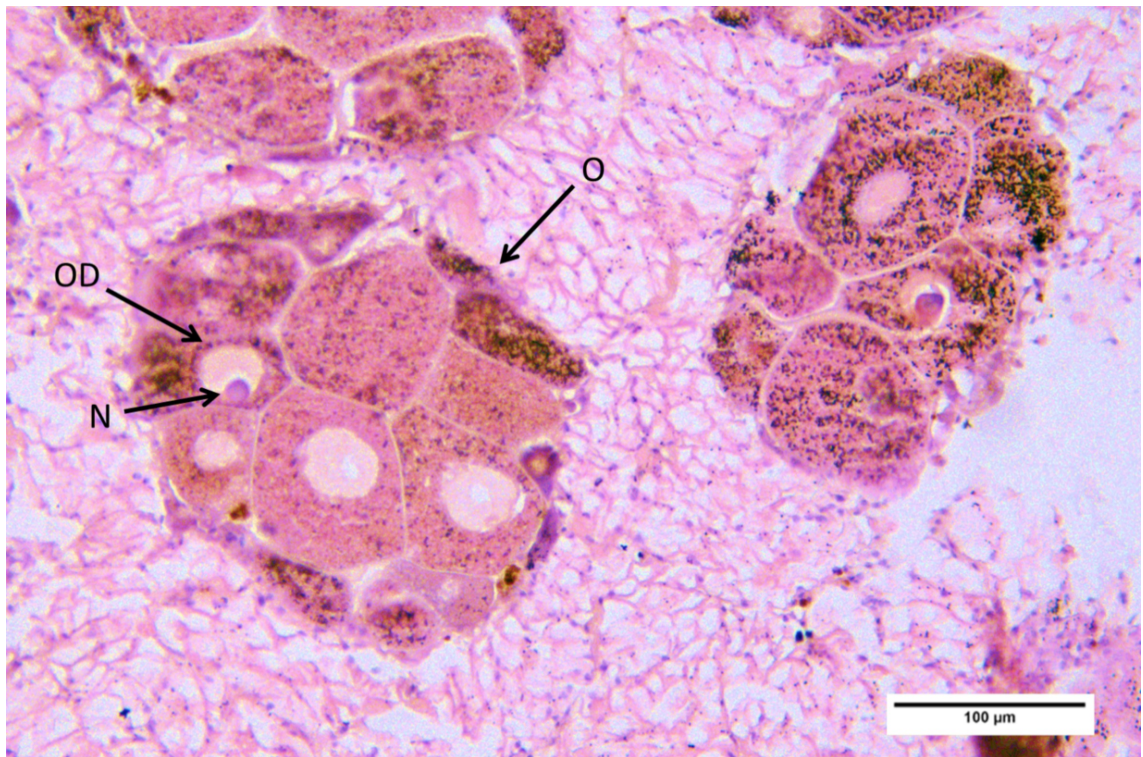


圖4. 雌雄同體蜆*Corbicula fluminea*的卵巢。

Fig. 4. The ovary of hermaphroditism *Corbicula fluminea*.

O: Ovary 卵巢 OD: Oil-drop 油滴 N: Nucleolus 核仁

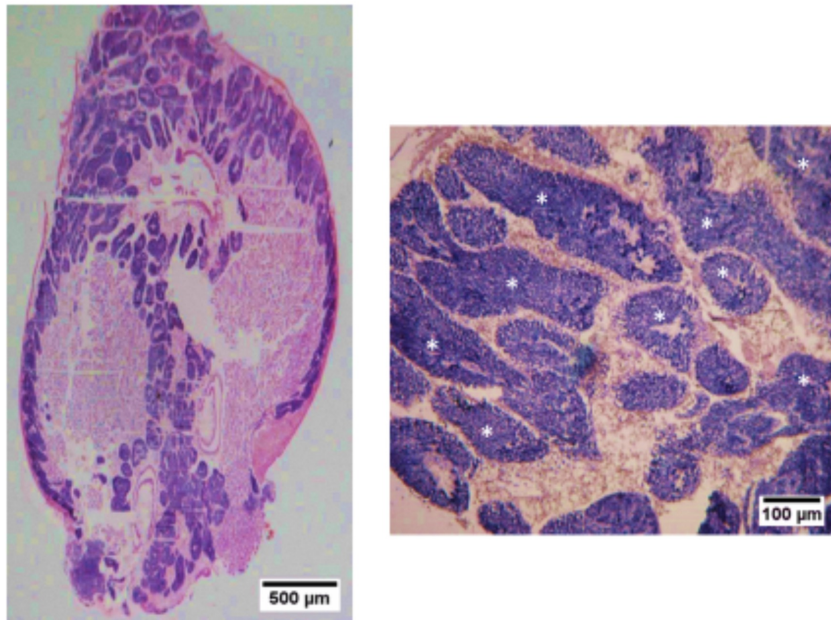


圖5. 雄性*Corbicula fluminea*的精巢。

Fig. 5. The testis of male *Corbicula fluminea*.

*: Testis 精巢

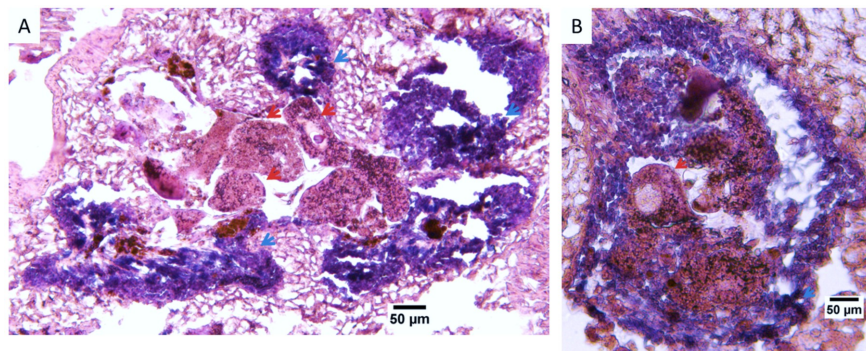


圖6. 雌雄同體 *Corbicula fluminea* 的精卵分開型和精卵混合型囊泡。

Fig. 6. Two types of cyst in hermaphroditism *Corbicula fluminea*.

卵細胞(紅箭頭)，精細胞(藍箭頭)。

圖 A. 精卵分開(在不同囊泡)，分開型性腺

圖 B. 精卵混合(在同一個囊泡)，混合型性腺

Egg (red arrowhead), and sperm (blue arrowhead).

Fig. A. The sperm and eggs are separated in different cysts. Bar indicates 50 µm.

Fig. B. The sperm and eggs are mixed inside the same cyst. Bar indicates 50 µm.

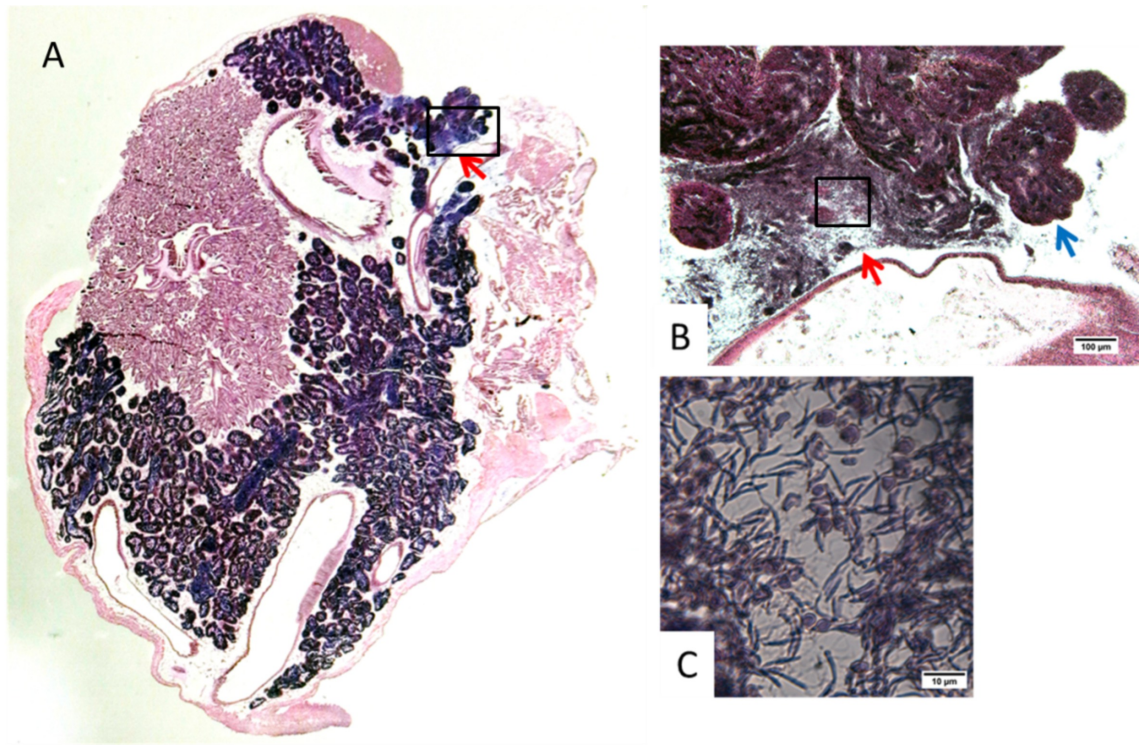


圖7. 解離前與後的精子。

Fig. 7. Sperm cluster (before dissociated) and the dissociated sperm.

圖A. 排出體外解離前與解離後的精子之型態不同 (綠方框紅箭頭)

圖B. 放大A的綠方框。解離後的精子(紅箭頭)，尚未解離的精子團(藍箭頭)。放大100倍。

圖C. 已解離的精子。放大1000倍。

Fig. A. The dissociated sperm (red arrow)

Fig. B. The dissociated sperm (red arrow) and clusters of sperm (blue arrow). Magnification 100X.

Fig. C. The dissociated sperm. Magnification 1000X.

頭、圖7C)。調查新北三峽9個台灣蜆，發現有1個雄性個體，雄性比例為11.11% (表1)；桃園新屋有2個雄性 (6.06%，n=3

3)，台中后里有7個 (10.29%，n=68)。基隆、七堵、石碇、蘇澳及花蓮則只發現雌雄同體的個體 (表1)，在所有調查的8個地

表1. 2008-2010 年採集地點樣本雌雄同體和雄性個體數與所佔的比例

Table 1. The sex and sex ratio of samples collected during 2008-2010

Location	Sampling date	Hermaphroditism	Ratio (%)	Male	Ratio (%)
Keelung 基隆	2008/12/23	33	100.00	0	0.00
Qidu 七堵	2009/3/3	10	100.00	0	0.00
Shiding 石碇	2009/4/18	20	100.00	0	0.00
Sanxia 三峽	2008/12/13	8	88.89	1	11.11
Xinwu 新屋	2010/7/13	31	93.94	2	6.06
Houli 后里	2009/1/30	61	89.71	7	10.29
Su'ao 蘇澳	2009/4/12	20	100.00	0	0.00
Hualien 花蓮	2009/1/30	30	100.00	0	0.00
Total 總和		213	95.52	10	4.48

點皆未發現雌性個體。本研究以組織學切片共調查 223 個台灣蜆，發現大部分 (95.52%) 台灣蜆為雌雄同體，少部分 (4.48%) 為雄性 (表1)。

討論

台灣蜆這個稱呼是由日本人在台灣進行蜆類調查時取的。日文寫成タイワンシジミ。日本本土另有一種真蜆 (中文又名環紋蜆，日本名為マシジミ；學名 *Corbicula leana*)，棲息生活環境和台灣蜆相似 (增田與內山，2005)。近年來 Komaru *et al.* (2013) 對真蜆與台灣蜆進行了 Mitochondrial Cytochrome b 與 Nuclear 28S rRNA Markers 的比對，發現兩者很難以此兩種分子生物標記區分。Komaru *et*

al. (2013) 推測真蜆可能是台灣蜆的同種異名。

據 Araujo *et al.* (1993) 的研究和歸納，台灣蜆最早在亞洲地區有明確的紀錄，而後由於人類的活動散播至美洲再到歐洲，因此在英文中台灣蜆的俗名是 Asian clam 和 Freshwater clam 意指由亞洲傳播來的淡水產貝類。因亞洲蜆雌雄同體、也可行雄核發育 (Androgenesis)、生長快速、達性成熟時間速、生活史短、具繁殖能力強、散播能力猛等特徵，一旦入侵至新的棲地很快就能定棲、繁衍、擴張、散播出去。目前亞洲蜆已成為世界上許多淡水生態系尤其是優勢底棲生物，在歐美地區造成嚴重的外來種取代甚至置換原生生態的問題 (Sousa *et al.*, 2008)。

宮崎 (1936) 曾以生活環境與生殖模式分類中國、日本、朝鮮蜆屬的生物，第一類

群為生活於淡水域，雌雄同體(Monoecy; Hermaphroditism)，卵胎孵育型(Ovoviviparity)；第二類群為生活於淡水域，雌雄異體(Dioecy)，卵生(Oviparous)；第三類群為生活於半淡鹹水域，雌雄異體，非孵育型。Houki *et al.* (2011) 以組織切片調查55個在日本的台灣蜆個體，發現絕大部分(53/55=96.4%)的台灣蜆是雌雄同體，僅少部分(2/55=3.6%)是雄性，沒有發現雌性個體。陳等(1994)調查宜蘭、麥寮及觀音的台灣蜆族群，發現其雌雄異體與雌雄同體的比例約為 1:1。張(2016)對中國大通湖221個河蜆的調查結果卻大相逕庭，他發覺大部分(66.5%)為雌雄同體，其餘個體是雌雄異體。雌性個體占29.4%，雄性個體極少(2.7%)，3個(1.4%)無法辨識。Morton (1983, 1991) 則認為中國珠江流域的蜆之性別依棲息環境水的流速而異，靜水域的雌性與雌雄同體比例約為 1:1，未發現雄性個體；流水域的雄性、雌性與雌雄同體比例約為 1:1:1。本研究發現大部分(95.52%)台灣蜆為雌雄同體，少部分(4.48%)為雄性，未發現雌性(0%)。所以台灣蜆性比特徵與 Houki *et al.* (2011) 調查結果相似，且又生活於淡水是屬於宮崎分類的第一與第二類群，但無雌性個體。雌雄同體的台灣蜆之性腺除了精巢與卵巢各自分開(分開型)在性腺不同區域外，也發現同一個囊泡內同時具有精子與卵子的混合型性腺(圖5)。馬氏珠母貝(*Pinctada martensi*)也出現混合型性腺(王等, 2006)。于等(2007)推測馬氏珠母貝第二性原細胞並不是在性轉變時由囊泡外移入，可能是受某些因子(例如激素)的作

用，囊泡內的原始生殖細胞停止生成第一性原細胞，轉而生成第二性原細胞，因而發生性轉變。Cao *et al.* (2017) 也認為這種混合型性腺可能是性轉變的跡象。台灣蜆尚未有此方面的研究與報導。不論是在分開型或是在混合型性腺，台灣蜆精巢內的精子皆聚集成精子團，形成一個頂體朝內，鞭毛朝外的球型結構。這種結構在日本黑蜆(*Corbicula japonica*)也觀察到Rybalkina *et al.* (2013)。精子的排放時以精子團為單位，將精子團排出體外，然後精子團會解離散開，排出單一個別的獨立精子(圖6)。據Rybalkina *et al.* (2013) 所述，日本黑蜆精子需透過水才能活化，台灣蜆的精子可能有相同的機制。

結論

本研究所採集在台灣之亞洲蜆(台灣蜆)皆生活於淡水，性別以雌雄同體為主(95.52%)，有極小比例的雄性(4.48%)，未發現雌性個體。雌雄同體的個體其性腺除了精巢與卵巢各自分開處於不同囊泡(分開型)外，也發現在同一個囊泡內同時具有精子與卵子的混合型性腺。

引用文獻

- 于非非、余祥勇、王梅芳、周莉、桂建芳。2007。雙殼類的性轉換現象及其機理探討。水生生物學報 31(4): 576-580。
- 王慶志、常亞青。2010。大洋河河蜆的繁殖生物學研究。大連水產學院學報

- 25 (1) : 8-13。
- 王梅芳、余祥勇、劉永、譚亞聰、楊珍義。2006。馬氏珠母貝雌雄同體和自體受精的研究。水生生物學報 30 (4) :420-424
- 古丸明。2013。雌雄同體シジミ *Corbicula leana*, *C. fluminea*の雄性発生。日本水産學會誌 79 (5) : 903-903。
- 巫文隆。1997。會懷孕的台灣蜆。貝友 23: 3-4。
- 張健。2016。大通湖河蜆的周年生產量及繁殖特性研究。湖南農業大學化學化工學院碩士論文。
- 宮崎一老。1936。シジミの發生に就て。日本水産学会誌 5 (4) : 249-254。
- 陳讚昌。1990。台灣產台灣蜆 (*Corbicula fluminea*) 之生物學及族群判定研究。國立臺灣大學漁業研究所碩士論文。
- 陳讚昌、廖國焱、巫文隆。1994。台灣蜆的生殖生態學之研究。貝類學報 18: 55-73。
- 増田 修、内山りゅう。2005。日本産淡水貝類図鑑 (2) 汽水域を含む全国の淡水貝類., 増田 修・内山りゅう著。2004 年 10 月 1 日。株式会社ピーシーズ (東京)。
- 農業委員會漁業署。2018。漁業年報。
- 農復會漁業組。1973。台灣之養蜆業。中國水産。248: 2-5。
- 蕭一鵬。1987。臺灣蜆 (*Corbicula fluminea*) 幼生之培育研究。輔仁大學生物學研究所碩士論文。
- Araujo R., Moreno D. and Ramos M., 1993. The Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) in Europe. American Malacological Bulletin, 10(1): 39-49.
- Cao L., Damborenea C., Penchaszadeh, P. E., and Darrigran, G. 2017. Gonadal cycle of *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) in Pampean streams (Southern Neotropical Region). PloS one, 12(10), e0186850.
- Houki S., Yamada M., Honda T., and Komaru A. 2011. Origin and possible role of males in herma- phroditic androgenetic *Corbicula* clams. Zoological Science 28(7): 526-532.
- Komaru A., Yamada M. and Houki S., 2013. Relationship between two androgenetic clam species, *Corbicula leana* and *Corbicula fluminea*, inferred from mitochondrial cytochrome b and nuclear 28S rRNA markers. Zoological science 30(5): 360-366.
- Morton B. 1983. The sexuality of *Corbicula fluminea* (Müller) in lentic and lotic waters in Hong Kong. Journal of Molluscan Studies 49(1): 81-83.
- Morton B. 1991. Do the Bivalvia demonstrate environment-specific sexual strategies? A Hong Kong model. Journal of Zoology 223(1): 131-142.
- Prime T. 1867. XXVII.—Notes on Species of the Family Corbiculadæ, with Figures.

Annals of The Lyceum of Natural History of New York 8: 213–237.

Rybalkina S., Maiorova, M., Anisimov, A., and Kravchenko, D. 2013. The gametogenesis and sexual cycle of the bivalve *Corbicula japonica* Prime (1864) in the mouth of the Kievka River (Sea of Japan). Russian Journal of Marine Biology 39(4): 253-264.

Sousa R., Antunes C. and Guilhermino L., 2008. Ecology of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in aquatic ecosystems: an overview. Annales de Limnologie – International Journal of Limnology 44(2): 85-94.

運用開放資料建置臺灣陸域環境因子多時序資料集

Using open data to establish a multi-temporal and terrestrial environmental dataset of Taiwan

陳宛均^{1,2*} 羅祈鈞¹ 蔡富安¹ 張安瑜¹

Wan-Jyun Chen^{1,2*}, Chi-Chun Lo¹, Fu-An Tsai¹ and An-Yu Chang¹

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 552南投縣集集鎮民生東路1號

²國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所 106台北市羅斯福路四段1號

¹Endemic Species Research Institute, No. 1, Ming-shen East Road, Jiji, Nantou 552, Taiwan

²Institute of Ecology and Evolutionary Biology, National Taiwan University,
No. 1, Section 4, Roosevelt Road, Taipei 106, Taiwan

* 通訊作者 e-mail: jyun@tesri.gov.tw

*Corresponding author e-mail: jyun@tesri.gov.tw

摘要

高空間解析度的環境資料是生態與環境科學研究的重要元素。為了強化臺灣相關領域的研究與應用，本研究盤點國內外開放的環境資料集，篩選臺灣範圍內解析度高且訊息最完整之資料，運用GIS空間分析建構1 km網格解析度的「臺灣陸域環境因子多時序資料集」。資料集的時間橫跨1970 - 2010年，每10年為一個時段，共分成5個年代。資料範圍涵蓋臺灣本島及周遭島嶼，並依地理位置分別建立兩個子資料集，一是以東經121度 (TWD97/TM2 Zone 121)，包含臺灣本島、琉球嶼、北方三島（棉花嶼、花瓶嶼、彭佳嶼）、龜山島、綠島與蘭嶼，另一則是以東經119度 (TWD97/TM2 Zone 119)，包含馬祖、金門、澎湖與東沙。資料集內的環境因子包含8個地形因子、79個氣候因子、9個土地覆蓋因子與4個其他因子等共100項變數。本研究以提供檔案下載連結方式開放資料，提供臺灣最完整時空範圍的高解析度之環境因子圖檔 (ESRI shapefile)、具地理坐標的影像格式 (GeoTIFF)與資料矩陣數值檔 (ASCII)，可大幅節省研究者彙整搜集與資料運算時間，並可有效應用於生物分布模擬、氣候與環境變遷分析等研究。

關鍵詞：氣候變遷、環境因子資料庫、地理資訊系統、開放資料、物種分布預測模型

Abstract

High resolution spatial-temporal environmental dataset is one of the most important elements in environmental and ecological researches. In order to improve the studies and applications in different sectors of Taiwan, we built multi-temporal environmental ready-datasets in Taiwan proper and its outlying islands with 1 km resolution. We collected high resolution raw data from domestic and international databases, of which the spatial range covered the whole extent of Taiwan proper and its outlying islands. The dataset was classified into five-decade periods between 1970 and 2010. We divided the dataset into two sub-datasets by two degree zones. TWD97/ TM2 Zone 121 includes Taiwan proper, Hsiao Liouciou Island, Pen-Chia Yu, Mian-Hua Yu, Hua-Ping Yu, Kueishan Island, Lüdao and Orchid islands; and the TWD97/ TM2 Zone 119 includes Matsu islands, Kinmen islands, Penghu islands and Pratas islands. We set 100 variables in the dataset, including eight topographical variables, 79 climatic variables, nine land cover types and four other variables. This ready-dataset was opened as shapefile, GeoTIFF and ASCII data formats. This dataset could support the studies concerning

environmental issues, such as species distribution modeling, climate change, and environment change; and save researchers a considerable amount of time in dealing with datasets from different sources.

Key words: climate change, environmental database, geographic information system (GIS), open data, species distribution model

收件日期：2019年06月14日

Received: June 14, 2019

接受日期：2019年12月27日

Accepted: December 27, 2019

緒言

高空間解析度的環境因子資料是生態研究重要元素之一，在生態學研究中，常運用環境資料建構動植物的分布預測模型，而無論是推測生物潛在棲地、生物生理或物種遷徙模式等研究，都需要地形與氣候等自然環境因子基礎資料（許皓捷 2016, Karger *et al.* 2017）。同時土地覆蓋變遷與環境開發指數等人為環境因子，也是了解人類與生物互動關係重要的資料來源。

李培芬等 (1997)所建構的環境因子資料庫解析度為1 km，並在2008年局部更新，內容包括氣溫、雨量、海拔高度、森林植群、地理性資訊、生態保護區、生態分區、河流及有關距離描述的GIS衍生性資訊等224個生態與環境因子圖層。然而，前述資料庫初版建置年代距今已逾20年，這20年間原始資料來源因應環境的改變而更新，且內容及空間解析度也更趨精細，若

沿用舊資料庫資訊明顯與現今環境的現況不完全相符。因此許皓捷 (2016)於0.5 km、1 km、2 km與4 km等4種解析度網格系統內重新建構「臺灣及澎湖群島環境因子GIS資料庫」，免費提供教學與學術研究目的使用，環境變數包括地形、氣候、土地利用與其他GIS相關等，共99項環境因子。其資料內容為當代環境資訊，但僅提供單一年代，資料範圍也僅涵蓋臺灣本島與澎湖，未涵蓋所有的臺灣離島。

近年由於電腦運算能力、數值模擬模式、遙測技術等科技的發展，以及資料數位化與開放資料的推動 (Michener 2015)，同時全球各式環境資料開放資料庫蓬勃發展，資料內容與解析度也漸趨精細（附錄1）。臺灣近20年推動「國家地理資訊系統 (National Geographic Information System, NGIS)」計畫，有系統的整合地形圖、數值地形模型、衛星影像、航空照片等基礎GIS圖資，還包括自然生態、公共管線、自然環境、國土規劃、社會經濟、環境品

質、土地與交通等資料，相關資料也都在NGIS網站 (<https://ngis.nat.gov.tw>)、地理資訊圖資雲服務平台 (Taiwan Geospatial One Stop, TGOS; <https://www.tgos.tw>)與政府資料開放平臺(<https://data.gov.tw/>)等資料供應平臺瀏覽或下載。無論在全球或是臺灣，用以建構常見環境因子的原始資料集在近十年內皆有大幅進展，不僅包含的資訊更為細緻且精確，也更容易取得。環境因子資料庫當中最主要的三大類型：數值地形模型、氣候因子與土地覆蓋資料，在現今皆有許多開放的資料來源。

一、全球數值地形模型 (Digital Terrain Model, DTM)，從1996年的GTOPO30全球30角秒（約1 km）解析度的數位高程模型 (Digital Elevation Model, DEM)，到2011年已有1角秒（約30 m）高解析度的DEM資料集問世。臺灣過往常用的數值地形模型資料來源為行政院農委會林務局農林航空測量所，以40 m網格間距測繪而得的數值高程模型，最近內政部於2018年開放的20 m解析度的DTM資料，則以5 m網格測得的DEM模糊化而得，精準度提高，但資料涵蓋區域仍僅限於臺灣本島與澎湖（內政部20公尺網格數值地形模型資料，<https://data.gov.tw/dataset/35430>）。

二、氣候因子方面，早年的氣候資料是以0.5度網格單位製成，而目前全球廣泛使用的資料空間尺度大多已達30角秒解析度，全球氣候圖層資料集 (WorldClim)，目前釋出第二版，提供10角分、5角分、2.5角分與30角秒空間解析度的1970 - 2000年全球每月

氣候資料 (Fick and Hijmans 2017)；全球地表高解析度氣候資料 (Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas, CHELSA)也利用統計模型將1979 - 2013年每月氣溫與雨量資料降解析度，同樣以30角秒空間解析度發布 (Karger *et al.* 2017)。而臺灣也有「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」(Taiwan Climate Change Projection and Information Platform, TCCIP) 模擬過去至現在以及未來氣候資料，提供1960 - 2015年臺灣本島月降雨、平均溫度、最高溫及最低溫5 km解析度網格資料，但資料範圍僅限於臺灣本島與澎湖的陸域範圍。

三、土地覆蓋資料是反應人為活動與自然環境的重要資料，由於遙測技術與衛星影像處理能力的進步，目前歐洲太空總署 (European Space Agency, ESA)與美國地質調查局 (United States Geological Survey, USGS)都釋出全球土地覆蓋資料，尤其是ESA更提供1992 - 2015年每年一張300 m解析度的全球土地覆蓋圖層。而臺灣的土地覆蓋資訊主要是由內政部以地籍為單位繪製土地利用圖為基礎，自1993 - 1995 年辦理全國第1次國土利用調查，至今定期更新「國土利用調查成果」圖檔，2006 - 2008年完成第2次國土利用調查，2015年發布資料為目前最新國土利用資訊（內政部國土資訊調查專區<https://www.nlsc.gov.tw/>）；森林圖資部分，林務局定期完成森林資源調查，1956年完成第一次森林資源調查、1977年第二次、1993年第三次，最近一次

是2014年完成的第四次森林資源調查，並繪有全島森林林型分布圖，此外2004 - 2009年「國家植群多樣性調查及製圖計畫」也完成「臺灣現生天然植群圖」，範圍亦是以臺灣本島為主。

雖然前述全球與臺灣的地形、氣候與土地覆蓋等資料有許多管道可網路上取得公開資料，但分散於各資料庫，檔案格式與解析度也不一致，研究者在使用之前仍需要耗費時間彙整資料。而臺灣既有有系統的環境因子資料庫，目前皆僅提供單一時間年代的資料（李培芬等 1997；許皓捷 2016），資料範圍也僅涵蓋臺灣本島與澎湖。因此本研究研究目的在有系統的彙整國內外涵蓋臺灣本島與離島完整時空範圍的環境資訊，並以GIS常見資料格式建構高解析度且長期多時序的環境因子資料集，並提供資料集直接下載連結，便於臺灣環境、氣候變遷與生態學相關研究者研究應用。

材料與方法

一、檔案格式

以ESRI shapefile格式 (Environmental Systems Research Institute shapefile)提供，空間解析度為1 km。為便於電腦讀取與分析使用，同時將資料轉換為GeoTIFF (Georeferenced Tagged Image File Format)具備地理坐標的影像格式，以及ASCII格式 (American Standard Code for Information Interchange)的資料矩陣，共三種檔案類型。

二、研究範圍

涵蓋臺灣主要陸域範圍，缺值以-9999表示。投影坐標採用1997臺灣大地基準 (Taiwan Datum 1997, TWD97)，投影方式為橫麥卡托投影經差二度分帶 (Two Degree Zone Transverse Mercator Projection, TM2)，並依據內政部訂定之國家坐標系統分為兩套坐標系統：

(一)、TWD97/TM2 Zone 119：以中央子午線東經119度為中心，為便於辨識亦常使用歐洲石油測量組織編碼EPSG: 3825 (European Petroleum Survey Group)。離島島群，包含馬祖列島、金門群島、澎湖群島與東沙群島，坐標範圍X軸6000 - 403000，Y軸2276000 - 2922000，網格數2,945格。東沙群島原應屬中央子午線東經117度，但為便於資料庫使用，亦合併於東經119度。

(二)、TWD97/TM2 Zone 121：以中央子午線東經121度為中心，EPSG: 3826，臺灣本島與鄰近離島，包含臺灣本島、琉球嶼、北方三島、龜山島、綠島與蘭嶼，坐標範圍X軸143000 - 364000，Y軸2420000 - 2839000，網格數40,254格。

三、開放資料庫盤點

盤點全球地形、氣候、土地覆蓋環境因子開放資料集，比較資料提供所涵蓋之研究範圍、時間、頻度與解析度之後，從6個地形因子資料集中選定涵蓋範圍包含臺灣本島與各離島，且從解析度最高中的3個

資料集中選擇ASTER GDEM v.2資料集 (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model Version 2, <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>; Tachikawa *et al.* 2011); 從臺灣與全球提供之5個氣候資料集中選用時間範圍涵蓋最廣, 於2017年發布的CHELSA v.1.2資料集 (Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas Version 1.2, <http://chelsa-climate.org/>; Karger *et al.* 2017); 土地覆蓋資料則從3個全球土地覆蓋資料集之中選用提供資料涵蓋時間最早且解析度最高的歐洲太空總署的氣候變遷計畫的全球歷年土地覆蓋資料集 (European Space Agency Climate Change Initiative Land Cover Maps Version 2.0.7, ESA CCI LC maps, <https://www.esa-landcover-cci.org/>; Li *et al.* 2018) (附錄1)。ASTER GDEM v.2、CHELSA v.1.2以及ESA CCI LC maps資料集均屬於網格式 (raster) 資料, 資料解析度換算公式詳列於文後「環境因子運算說明」。

其他類資訊主要圖資來源為TGOS平台與政府資料開放平臺, 採用交通部 (2016)發布之全國交通路網數值圖、行政院農業委員會林務局 (2016)林道圖與內政部營建署 (2014)發布之自然與人工海岸線示意圖, 前述三項圖資皆屬向量式 (vector) 的線 (polyline) 資料。

前述資料集使用的坐標系統與解析度不相同, 不同資料集間包含網格與向量資料無法疊合, 更難以直接彙整使用。因此我們使用 GRASS GIS (Geographic

Resources Analysis Support System vision 7.4.0) 的 `r.resamp.stats` 功能依劃分面積比例加權重新取樣, 將不同來源的環境因子的解析度皆轉換為解析度1 km的網格系統, 並分別設定投影坐標至TWD97/TM2 Zone 121與TWD97/TM2 Zone 119。

四、環境因子運算說明

(一)、地形因子

地形相關之因子共8個, 包含平均海拔、最高海拔、最低海拔、海拔跨幅、海拔變化、坡度、坡向與日射量。地形資料原始海拔數值取自ASTER GDEM v.2資料集 (Tachikawa *et al.* 2011), 此資料集範圍從北緯83度至南緯83度, 涵蓋全球99%陸域範圍, 解析度為1秒 (約30 m)。

1. 平均海拔 (Mean of Elevation, ELE): 海拔高度的平均值, 單位m。
2. 最高海拔 (Maximum Elevation, ELEMAX): 海拔高度的最大值, 單位m。
3. 最低海拔 (Minimum Elevation, ELEMIN): 海拔高度的最小值, 單位m。
4. 海拔跨幅 (Elevation Range, ELERA): 海拔高度的跨幅, ELEMAX與ELEMIN的差值, 單位m。
5. 海拔變化 (Standard Deviation of Elevation, ELESDev): 海拔高度的標準差, 用以表示海拔高度的變異程度, 單位m。
6. 坡度 (Slope): 相鄰網格間的數值變異程度, 用以表示地表的陡緩程度, 單

位degree。

7. 坡向 (Aspect): 相鄰網格之間數值變化程度最大的方向(下坡方向), 用以表示地表坡度的方向, 正北為0, 順時鐘轉360度再回到北方, 與鄰近網格高度無差異、不具任何方向性的平坦區域以-1表示, 單位degree。
8. 日射量 (Area Solar Radiation, ASR): 全年日照平均值, 單位kWh/m²。

以下氣候與土地覆蓋因子, 分別依原始資料來源時間建立1970、1980、1990、2000與2010年代等多時序資料集。

(二)、氣候因子

與氣候有關的因子共79個, 主要為每月平均最高溫、每月月均溫、每月平均最低溫、每月平均日溫差、每月月降水量的60個氣候變數與19個生物氣候變數(bioclimatic variables; O'Donnell and Ignizio 2012)。溫度與雨量原始資料來源取自CHELSA (Karger *et al.* 2017)為高解析度且長期的全球氣候圖層, 解析度為30秒(約1 km), 時間範圍從1979 - 2013年, 35年間每月的最低溫、最高溫、月均溫與月雨量圖層。依據CHELSA氣候資料集, 分為5個年代, 依序為1970、1980、1990、2000與2010年代, 將同年代的各月溫度及雨量資料取平均值, 得出各年代的氣候變數。並依據前述資料, 參考WorldClim (Global Climate Data; <http://www.worldclim.org>)之定義, 以R version 3.5.1 (R Core Team 2018)的dismo套件(Hijmans *et al.* 2017)中的biovars函數, 得出各年代19個生物氣候變數(Bio01-19)。

溫度 (Temperature) :

1. 月均溫 (Monthly mean of daily mean temperature, Temp): 一月至十二月每一個月之平均每日均溫, 總共12個月份的月均溫圖層 (Temp01-12), 單位°C。
2. 月高溫 (Monthly mean of daily maximum temperature, Tmax): 一月至十二月每一個月份之平均每日最高溫, 總共12個月份的平均最高溫圖層 (Tmax01-12), 單位°C。
3. 月低溫 (Monthly mean of daily minimum temperature, Tmin): 一月至十二月每一個月份之平均每日最低溫, 總共12個月份的平均最低溫圖層 (Tmin01-12), 單位°C。
4. 每月平均日溫差 (Range of maximum and minimum monthly temperature, Tra): 一月至十二月每一個月份之平均每日溫差, 總共12個月份的平均日溫差圖層 (Tra01-12), 單位°C。

降水量 (Precipitation) :

5. 月降水量 (Monthly precipitation sums, Prec): 一月至十二月每一個月份之月降水量, 總共12個月份的月降水量圖層 (Prec01-12), 單位 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables) :

6. 年均溫 (Annual Mean Temperature, Bio01; formula 1): 全年12個月份月均溫之平均值, 單位°C。

$$\text{Bio01} = \frac{\sum_{i=1}^{i=12} \text{Temp}_i}{12} \quad (\text{formula 1})$$

7. 平均日溫差 (Mean Diurnal Range,

Bio02; formula 2)：全年12個月份平均日溫差之平均值，每月平均日溫差為當月高溫與當月低溫之差值，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$\text{Bio02} = \frac{\sum_{i=1}^{12} (T_{\max_i} - T_{\min_i})}{12} \quad (\text{formula 2})$$

8. 溫度恆定性 (Isothermality, Bio03; formula 3)：平均日溫差除以年溫差 (Bio2 / Bio7) x 100，單位%。

$$\text{Bio03} = \frac{\text{Bio02}}{\text{Bio07}} \times 100 \quad (\text{formula 3})$$

9. 溫度季節性 (Temperature Seasonality, Bio04; formula 4)：全年12個月份平均月均溫之標準差，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$\text{Bio04} = SD\{Temp_1, \dots, Temp_{12}\} \quad (\text{formula 4})$$

10. 最暖月份之最高溫 (Max Temperature of Warmest Month, Bio05; formula 5)：12個月份中，月高溫之最大值，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$\text{Bio05} = \max(\{T_{\max_1}, \dots, T_{\max_{12}}\}) \quad (\text{formula 5})$$

11. 最冷月份之最低溫 (Min Temperature of Coldest Month, Bio06; formula 6)：12個月份中，月低溫之最小值，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$\text{Bio06} = \min(\{T_{\min_1}, \dots, T_{\min_{12}}\}) \quad (\text{formula 6})$$

12. 年溫差 (Temperature Annual Range, Bio07; formula 7)：最暖月份之月高溫與最冷月份之月低溫之差值，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$\text{Bio07} = \text{Bio05} - \text{Bio06} \quad (\text{formula 7})$$

13. 最潮濕季節之平均溫度 (Mean Temperature

of Wettest Quarter, Bio08; formula 8)：連續3個月累積雨量最多月份之月均溫，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$Q_{\text{Prec}_{\max}} = \max \left(\begin{matrix} \sum_{i=1}^{i=3} \text{Prec}_i, \\ \sum_{i=2}^{i=4} \text{Prec}_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} \text{Prec}_i, \\ \sum_{i=1}^{i=10} \text{Prec}_i, \\ \sum_{i=11}^{i=12} \text{Prec}_i, \\ \sum_{i=2}^{i=12} \text{Prec}_i \end{matrix} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where precipitation is} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

$$\text{Bio08} = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} \text{Temp}_i}{3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Where monthly temperature} \\ \text{averages are based on the} \\ \text{three selected months of } Q_{\text{Prec}_{\max}} \end{array} \right. \quad (\text{formula 8})$$

14. 最乾燥季節之平均溫度 (Mean Temperature of Driest Quarter, Bio09; formula 9)：連續3個月累積雨量最少月份之月均溫，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$Q_{\text{Prec}_{\min}} = \min \left(\begin{matrix} \sum_{i=1}^{i=3} \text{Prec}_i, \\ \sum_{i=2}^{i=4} \text{Prec}_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} \text{Prec}_i, \\ \sum_{i=1}^{i=10} \text{Prec}_i, \\ \sum_{i=11}^{i=12} \text{Prec}_i, \\ \sum_{i=2}^{i=12} \text{Prec}_i \end{matrix} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where precipitation is} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of 3 months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

$$\text{Bio09} = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} \text{Temp}_i}{3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Where monthly temperature} \\ \text{averages are based on the} \\ \text{three selected months of } Q_{\text{Prec}_{\min}} \end{array} \right. \quad (\text{formula 9})$$

15. 最溫暖季節之平均溫度 (Mean Temperature of Warmest Quarter, Bio10; formula 10)：連續3個月之月均溫最高月份之月均溫，單位 $^{\circ}\text{C}$ 。

$$Q_{\text{Temp}_{\max}} = \max \left(\begin{matrix} \sum_{i=1}^{i=3} \text{Temp}_i, \\ \sum_{i=2}^{i=4} \text{Temp}_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} \text{Temp}_i, \\ \sum_{i=1}^{i=10} \text{Temp}_i, \\ \sum_{i=11}^{i=12} \text{Temp}_i, \\ \sum_{i=2}^{i=12} \text{Temp}_i \end{matrix} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where temperatures are} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

$$Bio10 = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} Temp_i}{3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Where monthly temperature} \\ \text{averages are based on the} \\ \text{three selected months of } Q_{Temp_max} \end{array} \right.$$

(formula 10)

16. 最寒冷季節之平均溫度 (Mean Temperature of Coldest Quarter, Bio11; formula 11) : 連續3個月之月均溫最低月份之月均溫, 單位°C。

$$Q_{Temp_min} = \min \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{i=3} Temp_i, \\ \sum_{i=2}^{i=4} Temp_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Temp_i, \\ \sum_{i=1}^{i=10} Temp_i, \\ \sum_{i=11}^{i=2} Temp_i, \\ \sum_{i=12}^{i=1} Temp_i \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where temperatures are} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

$$Bio11 = \frac{\sum_{i=1}^{i=3} Temp_i}{3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Where monthly temperature} \\ \text{averages are based on the} \\ \text{three selected months of } Q_{Temp_min} \end{array} \right.$$

(formula 11)

17. 年降水量 (Annual Precipitation, Bio12; formula 12) : 一年的總降水量, 為一月至十二月每月降水量之加總值, 單位 mm。

$$Bio12 = \sum_{i=1}^{i=12} Prec_i \quad \text{(formula 12)}$$

18. 最潮濕月份之降水量 (Precipitation of Wettest Month, Bio13; formula 13) : 降水量最高月份之降水量, 單位 mm。

$$Bio13 = \max([Prec_1, \dots, Prec_{12}])$$

(formula 13)

19. 最乾燥月份之降水量 (Precipitation of Driest Month, Bio14; formula 14) : 降水量最低月份之降水量, 單位 mm。

$$Bio14 = \min([Prec_1, \dots, Prec_{12}])$$

(formula 14)

20. 降水之季節性 (Precipitation Seasonality, Bio15; formula 15) : 12個月降水量之變異係數 (Coefficient of Variation), 單位 %。

$$Bio15 = \frac{SD\{Prec_1, \dots, Prec_{12}\}}{1 + (Bio12/12)} \times 100 \quad \text{(formula 15)}$$

21. 最潮濕季節之降水量 (Precipitation of Wettest Quarter, Bio16; formula 16) : 連續3個月降水量累加值最多月份之雨量, 單位 mm。

$$Bio16 = \max \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{i=3} Prec_i, \\ \sum_{i=2}^{i=4} Prec_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Prec_i, \\ \sum_{i=1}^{i=10} Prec_i, \\ \sum_{i=11}^{i=2} Prec_i, \\ \sum_{i=12}^{i=1} Prec_i \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where precipitation is} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

(formula 16)

22. 最乾燥季節之降水量 (Precipitation of Driest Quarter, Bio17; formula 17) : 連續3個月降水量累加值最低月份之雨量, 單位 mm。

$$Bio17 = \min \left(\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{i=3} Prec_i, \\ \sum_{i=2}^{i=4} Prec_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Prec_i, \\ \sum_{i=1}^{i=10} Prec_i, \\ \sum_{i=11}^{i=2} Prec_i, \\ \sum_{i=12}^{i=1} Prec_i \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{Where precipitation is} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{array} \right.$$

(formula 17)

23. 最溫暖季節之降水量 (Precipitation of Warmest Quarter, Bio18; formula 18) : 連續3個月均溫最高月份之降水量, 單位 mm。

$$Q_{Temp_max} = \max \left(\begin{matrix} \sum_{i=1}^{i=3} Temp_i, \\ \sum_{i=4}^{i=6} Temp_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Temp_i, \\ \sum_{i=1}^{i=3} Temp_i, \\ \sum_{i=4}^{i=6} Temp_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Temp_i \end{matrix} \right) \left\{ \begin{matrix} \text{Where temperatures are} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{matrix} \right.$$

$$Bio18 = \sum_{i=1}^{i=3} Prec_i \left\{ \begin{matrix} \text{Where monthly precipitation} \\ \text{values are based on the} \\ \text{three selected months of } Q_{Temp_max} \end{matrix} \right.$$

(formula 18)

24. 最寒冷季節之降水量 (Precipitation of Coldest Quarter, Bio19; formula 19) : 連續3個月均溫最低月份之降水量，單位 mm。

$$Q_{Temp_min} = \min \left(\begin{matrix} \sum_{i=1}^{i=3} Temp_i, \\ \sum_{i=4}^{i=6} Temp_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Temp_i, \\ \sum_{i=1}^{i=3} Temp_i, \\ \sum_{i=4}^{i=6} Temp_i, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{i=12} Temp_i \end{matrix} \right) \left\{ \begin{matrix} \text{Where temperatures are} \\ \text{evaluated for 12 consecutive} \\ \text{sets of three months. The last} \\ \text{two sets span two years for} \\ \text{time - series data} \end{matrix} \right.$$

$$Bio19 = \sum_{i=1}^{i=3} Prec_i \left\{ \begin{matrix} \text{Where monthly precipitation} \\ \text{values are based on the} \\ \text{three selected months of } Q_{Temp_min} \end{matrix} \right.$$

(formula 19)

(三)、土地覆蓋因子

原始資料來源取自ESA CCI LC maps (Li *et al.* 2018)，是以全球各地衛星影像與土地覆蓋資料集重新模擬分類而成，圖層原始資料空間解析度為300 m，時間尺度從1992 - 2015年，每年提供一張全球土地覆蓋圖，包含37種土地覆蓋類別（附錄2）。選取1995、2005、2015年資料作為臺灣1990、2000與2010年代代表土地覆蓋圖，並將研究範圍內涵蓋的22種土地覆蓋類型

中相似屬性者合併運算至每個1 km²網格內（詳細合併公式見附錄2），最終獲得農田、草本與草本作物（旱田）、農濕地、森林、灌叢、濕地、都市地區、裸露地與水體等9大類土地覆蓋類型，在每個1 km²網格內的面積（屬性合併規則詳附錄2）。

1. 農田 (Farm field, FF)：包含倚賴降雨的農田以及部分農田與自然植被鑲嵌（樹木、灌木、草本植物）土地覆蓋類型，單位m²。
2. 草本、草本作物（旱田）(Meadow, MD)：包含草本植物覆蓋、部分農田與自然植被鑲嵌（樹木、灌木、草本植物）、部分自然植被鑲嵌（樹木、灌木與草本）、草地以及部分稀疏植被（樹木、灌木、草本植物）等土地覆蓋類型，單位m²。
3. 農濕地 (Farm Wetland, FW)：灌溉或淹水的農田，單位m²。
4. 森林 (Forest, FO)：闊葉林、針葉林、部分農田與自然植被鑲嵌（樹木、灌木、草本植物）、部分自然植被鑲嵌（樹木、灌木與草本）、部分稀疏植被（樹木、灌木、草本植物）以及水邊與海濱樹林等土地覆蓋類型，單位m²。
5. 灌叢 (Bush, BU)：灌叢、樹木或灌木鑲嵌、部分農田與自然植被鑲嵌（樹木、灌木、草本植物）、部分自然植被鑲嵌（樹木、灌木與草本）、部分稀疏植被（樹木、灌木、草本植物）以及常綠灌叢等土地覆蓋類型，單位m²。
6. 濕地 (Wetland, WL)：淡水、鹹水或微

鹹水具灌木或草本覆蓋區域，單位 m^2 。

7. 都市 (Urban Area, UB)：城市區域，單位 m^2 。
8. 水體 (Waterbody, WB)：水體，單位 m^2 。
9. 裸露地 (Bare Land, BL)：裸露地與部分稀疏植被（樹木、灌木、草本植物）區域，單位 m^2 。

(四)、其他因子

1. 道路長度 (Road Length, LROAD)：道路主要資料來源為交通路網數值圖（交通部 2016），道路類型包括國道、省道（含快速公路）、縣道、鄉道、都市道路（6 m以上）、產業道路及無路名道路等既有道路，並與81條林道圖（農業委員會 2016）接合，構成完整路網圖，再計算每個 1 km^2 網格內道路長度 (m)。
2. 道路有無 (Presence/absence of Roads, PROAD)：以上述路網圖層換算各 1 km^2 網格內有無道路經過，無以0表示，1則代表網格內有道路經過。
3. 最短淡水體距離 (Nearest Distance to Fresh Water, DFW)：計算每個網格中心點距離淡水體距離 (m)，淡水體資料來源為交通路網數值圖提供之河流湖泊圖層（交通部 2016）。
4. 最短鹹水體距離 (Nearest Distance to Salt Water, DSW)：計算每個網格中心點距離海岸線距離 (m)，海岸線以2008年自然與人工海岸線示意圖（內政部營建署 2015）為基準。

結果

資料集主要分成2個子資料集：離島群島 (TWD97/TM2 Zone 119; EPSG:3825) 2,945個 1 km^2 網格，以及臺灣本島與鄰近離島 (TWD97/TM2 Zone 121; EPSG:3826) 包含40,254個 1 km^2 網格。其中包含之環境因子為8個地形因子、79個氣候因子、9個土地覆蓋因子與4個其他因子等共100項變數，其中資料含括年代不一，地形與其他因子資料僅一代表年代為2010年；氣候因子分成1970、1980、1990、2000與2010年代，共5個年代資料；土地覆蓋因子則有1990、2000與2010年代，計3個年代資料（表1）。

一、地形因子

(一)、TWD97/TM2 Zone 119 (EPSG: 3825) (附錄3圖1)

1. 平均海拔 (ELE)：0 - 148.52 m，平均值14.68 m，標準差18.5 m。
2. 最高海拔 (ELEMEX)：0 - 285 m，平均值35.51 m，標準差41.49 m。
3. 最低海拔 (ELEMEN)：0 - 66 m，平均值1.89 m，標準差5.11 m。
4. 海拔跨幅 (ELERA)：0 - 285 m，平均值33.62 m，標準差39.89 m。
5. 海拔變化 (ELES)：0 - 73.94 m，平均值8.17 m，標準差10.37 m。
6. 坡度 (Slope)：0 - 18.48°，平均值1.56°，標準差2.26°。
7. 坡向 (Aspect)：0 - 359.74°，平均值

表1. 臺灣陸域環境因子多時序資料集總表

Table 1. Summary table of the terrestrially and multi-temporally environmental dataset of Taiwan

Variable	Code	Type	Unit	1970	1980	1990	2000	2010
海拔	ELE	地形	m					V
最高海拔	ELEMAX	地形	m					V
最低海拔	ELEMIN	地形	m					V
海拔範圍	ELERA	地形	m					V
海拔標準差	ELESD	地形	m					V
坡度	Slope	地形	degree					V
坡向	Aspect	地形	degree					V
日射量	ASR	地形	kWh/m ²					V
一月月均溫	Temp01	氣候	°C	V	V	V	V	V
二月月均溫	Temp02	氣候	°C	V	V	V	V	V
三月月均溫	Temp03	氣候	°C	V	V	V	V	V
四月月均溫	Temp04	氣候	°C	V	V	V	V	V
五月月均溫	Temp05	氣候	°C	V	V	V	V	V
六月月均溫	Temp06	氣候	°C	V	V	V	V	V
七月月均溫	Temp07	氣候	°C	V	V	V	V	V
八月月均溫	Temp08	氣候	°C	V	V	V	V	V
九月月均溫	Temp09	氣候	°C	V	V	V	V	V
十月月均溫	Temp10	氣候	°C	V	V	V	V	V
十一月月均溫	Temp11	氣候	°C	V	V	V	V	V
十二月月均溫	Temp12	氣候	°C	V	V	V	V	V
一月平均最高溫	Tmax01	氣候	°C	V	V	V	V	V
二月平均最高溫	Tmax02	氣候	°C	V	V	V	V	V
三月平均最高溫	Tmax03	氣候	°C	V	V	V	V	V
四月平均最高溫	Tmax04	氣候	°C	V	V	V	V	V
五月平均最高溫	Tmax05	氣候	°C	V	V	V	V	V
六月平均最高溫	Tmax06	氣候	°C	V	V	V	V	V
七月平均最高溫	Tmax07	氣候	°C	V	V	V	V	V

Variable	Code	Type	Unit	1970	1980	1990	2000	2010
八月平均最高溫	Tmax08	氣候	°C	V	V	V	V	V
九月平均最高溫	Tmax09	氣候	°C	V	V	V	V	V
十月平均最高溫	Tmax10	氣候	°C	V	V	V	V	V
十一月平均最高溫	Tmax11	氣候	°C	V	V	V	V	V
十二月平均最高溫	Tmax12	氣候	°C	V	V	V	V	V
一月平均最低溫	Tmin01	氣候	°C	V	V	V	V	V
二月平均最低溫	Tmin02	氣候	°C	V	V	V	V	V
三月平均最低溫	Tmin03	氣候	°C	V	V	V	V	V
四月平均最低溫	Tmin04	氣候	°C	V	V	V	V	V
五月平均最低溫	Tmin05	氣候	°C	V	V	V	V	V
六月平均最低溫	Tmin06	氣候	°C	V	V	V	V	V
七月平均最低溫	Tmin07	氣候	°C	V	V	V	V	V
八月平均最低溫	Tmin08	氣候	°C	V	V	V	V	V
九月平均最低溫	Tmin09	氣候	°C	V	V	V	V	V
十月平均最低溫	Tmin10	氣候	°C	V	V	V	V	V
十一月平均最低溫	Tmin11	氣候	°C	V	V	V	V	V
十二月平均最低溫	Tmin12	氣候	°C	V	V	V	V	V
一月平均日溫差	Tra01	氣候	°C	V	V	V	V	V
二月平均日溫差	Tra02	氣候	°C	V	V	V	V	V
三月平均日溫差	Tra03	氣候	°C	V	V	V	V	V
四月平均日溫差	Tra04	氣候	°C	V	V	V	V	V
五月平均日溫差	Tra05	氣候	°C	V	V	V	V	V
六月平均日溫差	Tra06	氣候	°C	V	V	V	V	V
七月平均日溫差	Tra07	氣候	°C	V	V	V	V	V
八月平均日溫差	Tra08	氣候	°C	V	V	V	V	V
九月平均日溫差	Tra09	氣候	°C	V	V	V	V	V
十月平均日溫差	Tra10	氣候	°C	V	V	V	V	V
十一月平均日溫差	Tra11	氣候	°C	V	V	V	V	V
十二月平均日溫差	Tra12	氣候	°C	V	V	V	V	V

Variable	Code	Type	Unit	1970	1980	1990	2000	2010
一月平均月降水量	Prec01	氣候	mm	V	V	V	V	V
二月平均月降水量	Prec02	氣候	mm	V	V	V	V	V
三月平均月降水量	Prec03	氣候	mm	V	V	V	V	V
四月平均月降水量	Prec04	氣候	mm	V	V	V	V	V
五月平均月降水量	Prec05	氣候	mm	V	V	V	V	V
六月平均月降水量	Prec06	氣候	mm	V	V	V	V	V
七月平均月降水量	Prec07	氣候	mm	V	V	V	V	V
八月平均月降水量	Prec08	氣候	mm	V	V	V	V	V
九月平均月降水量	Prec09	氣候	mm	V	V	V	V	V
十月平均月降水量	Prec10	氣候	mm	V	V	V	V	V
十一月平均月降水量	Prec11	氣候	mm	V	V	V	V	V
十二月平均月降水量	Prec12	氣候	mm	V	V	V	V	V
年均溫	Bio01	氣候	°C	V	V	V	V	V
平均日溫差	Bio02	氣候	°C	V	V	V	V	V
溫度恆定性	Bio03	氣候	%	V	V	V	V	V
溫度季節性	Bio04	氣候	°C	V	V	V	V	V
最暖月份的最高溫	Bio05	氣候	°C	V	V	V	V	V
最冷月份的最低溫	Bio06	氣候	°C	V	V	V	V	V
年溫差	Bio07	氣候	°C	V	V	V	V	V
最潮濕季節之平均溫度	Bio08	氣候	°C	V	V	V	V	V
最乾燥季節之平均溫度	Bio09	氣候	°C	V	V	V	V	V
最溫暖季節之平均溫度	Bio10	氣候	°C	V	V	V	V	V
最寒冷季節之平均溫度	Bio11	氣候	°C	V	V	V	V	V
年降水量	Bio12	氣候	mm	V	V	V	V	V
最潮濕月份之降水量	Bio13	氣候	mm	V	V	V	V	V
最乾燥月份之降水量	Bio14	氣候	mm	V	V	V	V	V
降水之季節性	Bio15	氣候	%	V	V	V	V	V
最潮濕季節之降水量	Bio16	氣候	mm	V	V	V	V	V
最乾燥季節之降水量	Bio17	氣候	mm	V	V	V	V	V

Variable	Code	Type	Unit	1970	1980	1990	2000	2010
最溫暖季節之降水量	Bio18	氣候	mm	V	V	V	V	V
最寒冷季節之降水量	Bio19	氣候	mm	V	V	V	V	V
農田	FF	土地覆蓋	m ²			V	V	V
草本、草本作物（旱田）	MD	土地覆蓋	m ²			V	V	V
農濕地	FW	土地覆蓋	m ²			V	V	V
森林	FO	土地覆蓋	m ²			V	V	V
灌叢	BU	土地覆蓋	m ²			V	V	V
濕地	WL	土地覆蓋	m ²			V	V	V
都市	UB	土地覆蓋	m ²			V	V	V
水體	WB	土地覆蓋	m ²			V	V	V
裸露地	BL	土地覆蓋	m ²			V	V	V
道路長度	LROAD	其他人文地理	m					V
道路有無	PROAD	其他人文地理	--					V
最短淡水體距離	DFW	其他人文地理	m					V
最短鹹水體距離	DSW	其他人文地理	m					V

180.14°，標準差105.74°。

8. 日射量 (ASR) : 1464.27 - 1598.14 kWh/m²，平均值1555.96 kWh/m²，標準差13.35 kWh/m²。

(二)、TWD97/TM2 Zone 121 (EPSG: 3826)
(附錄3圖2)

1. 平均海拔 (ELE) : 0 - 3663.93 m，平均值756.25 m，標準差837.28 m。
2. 最高海拔 (ELEMEX) : 0 - 3897 m，平均值916.7 m，標準差929.84 m。
3. 最低海拔 (ELEMEN) : -15 - 3400 m，平均值607.9 m，標準差739.64 m。
4. 海拔跨幅 (ELERA) : 0 - 1444 m，平均

值308.7 m，標準差248.13 m。

5. 海拔變化 (ELES) : 0 - 332.96 m，平均值70.59 m，標準差59.04 m。
6. 坡度 (Slope) : 0 - 49.47°，平均值18.33°，標準差11.70°。
7. 坡向 (Aspect) : 0 - 360°，平均值200.12°，標準差102.43°。
8. 日射量 (ASR) : 1010.28 - 2175.36 kWh/m²，平均值1578.50 kWh/m²，標準差117.65 kWh/m²。

二、氣候因子

(一)、TWD97/TM2 Zone 119 (EPSG:

3825)**1970年代 (1979年)****溫度 (Temperature) :**

1. 月均溫 (Temp01 - 12) : 13.48 - 30.65°C, 平均值23.61°C, 標準差4.61°C。(附錄3圖3.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : 13.68 - 30.85°C, 平均值23.74°C, 標準差4.58°C。(附錄3圖3.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : 13.28 - 30.45°C, 平均值23.47°C, 標準差4.63°C。(附錄3圖3.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0 - 0.6°C, 平均值0.26°C, 標準差0.14°C。(附錄3圖3.4)

降水量 (Precipitation) : (附錄3圖3.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 0.01 - 433.1 mm, 平均值77.72 mm, 標準差81.07 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables) :
(附錄3圖3.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 20.58 - 26.15°C, 平均值22.89°C, 標準差1.07°C。
7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.15 - 0.5°C, 平均值0.31°C, 標準差0.13°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.38 - 3.49%, 平均值2.36%, 標準差0.72%。
9. 溫度季節性 (Bio04) : 292.89 - 604.89°C, 平均值476.88°C, 標準差73.68°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 29.06 - 30.85°C, 平均值29.87°C, 標準差0.56°C。

11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : 13.28 - 22.35°C, 平均值16.84°C, 標準差1.91°C。
12. 年溫差 (Bio07) : 8 - 16.7°C, 平均值13.03°C, 標準差2.19°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 17.82 - 29.69°C, 平均值24.29°C, 標準差3.41°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 18.31 - 22.55°C, 平均值20.87°C, 標準差1.24°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 28.19 - 29.69°C, 平均值29.01°C, 標準差0.32°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : 13.98 - 22.55°C, 平均值17.5°C, 標準差1.82°C。
17. 年降水量 (Bio12) : 643.63 - 1676.68 mm, 平均值932.6 mm, 標準差263.43 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 243.31 - 433.1 mm, 平均值288.83 mm, 標準差31.8 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 0.01 - 6.71 mm, 平均值0.62 mm, 標準差1.3 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15) : 85.65 - 130.04%, 平均值105.94%, 標準差15.31%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 376.24 - 989.89 mm, 平均值486.74 mm, 標準差119.54 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 24.76 -

101.79 mm，平均值40.81 mm，標準差16.15 mm。

23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 124.02 - 989.89 mm，平均值235.77 mm，標準差114.01 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 34 - 501.62 mm，平均值167.41 mm，標準差141.68 mm。

(二)、1980年代 (1980 - 1989年)

溫度 (Temperature) :

1. 月均溫 (Temp01 - 12) : 11.32 - 30.25°C，平均值23.64°C，標準差5.13°C。(附錄3圖4.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : 11.51 - 30.48°C，平均值23.77°C，標準差5.11°C。(附錄3圖4.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : 11.13 - 30.03°C，平均值23.50°C，標準差5.16°C。(附錄3圖4.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0.06 - 0.60°C，平均值0.26°C，標準差0.12°C。(附錄3圖4.4)

降水量 (Precipitation) :

5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 5.79 - 254.93 mm，平均值92.14 mm，標準差56.13 mm。(附錄3圖4.5)

生物氣候變數 (Bioclimatic variables) : (附錄3圖4.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 20.32 - 26.12°C，平均值22.94°C，標準差1.24°C。
7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.16 - 0.52°C，平均值0.31°C，標準差0.12°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.26 - 3.29%，

平均值2.10%，標準差0.62%。

9. 溫度季節性 (Bio04) : 328.05 - 676.85°C，平均值537.64°C，標準差83.81°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 28.82 - 30.49°C，平均值29.76°C，標準差0.36°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : 11.13 - 21.16°C，平均值15.35°C，標準差2.33°C。
12. 年溫差 (Bio07) : 8.84 - 18.47°C，平均值14.41°C，標準差2.40°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 18.12 - 29.53°C，平均值24.12°C，標準差3.91°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 14.65 - 23.19°C，平均值20.81°C，標準差2.64°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 27.99 - 29.66°C，平均值29.02°C，標準差0.35°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : 12.21 - 21.71°C，平均值16.12°C，標準差2.15°C。
17. 年降水量 (Bio12) : 899.40 - 1514.23 mm，平均值1105.68 mm，標準差165.49 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 143.21 - 254.93 mm，平均值173.87 mm，標準差20.22 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 5.79 - 29.25 mm，平均值10.89 mm，標準差6.28 mm。

20. 降水之季節性 (Bio15) : 50.61 - 81.46% , 平均值61.02% , 標準差4.58%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 363.13 - 708.94 mm , 平均值457.77 mm , 標準差72.38 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 54.38 - 151.29 mm , 平均值78.82 mm , 標準差25.24 mm。
23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 327.96 - 678.74 mm , 平均值370.30 mm , 標準差37.69 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 67.88 - 379.26 mm , 平均值124.46 mm , 標準差47.30 mm。

(三)、1990年代 (1990 - 1999年)

溫度 (Temperature) :

1. 月均溫 (Temp01 - 12) : 12.18 - 30.03°C , 平均值24.02°C , 標準差4.77°C。(附錄3圖5.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : 12.38 - 30.24°C , 平均值24.15°C , 標準差4.74°C。(附錄3圖5.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : 11.98 - 29.83°C , 平均值23.89°C , 標準差4.80°C。(附錄3圖5.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0.06 - 0.63°C , 平均值0.26°C , 標準差0.12°C。(附錄3圖5.4)

降水量 (Precipitation) : (附錄3圖5.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 8.33 - 325.12 mm , 平均值89.78 mm , 標準差59.79 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables) : (附錄3圖5.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 20.80 - 26.39°C , 平均值23.35°C , 標準差1.20°C。
7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.15 - 0.52°C , 平均值0.31°C , 標準差0.12°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.32 - 3.46% , 平均值2.23% , 標準差0.64%。
9. 溫度季節性 (Bio04) : 299.04 - 638.90°C , 平均值496.68°C , 標準差83.60°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 28.87 - 30.24°C , 平均值29.66°C , 標準差0.30°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : 11.98 - 21.90°C , 平均值16.11°C , 標準差2.32°C。
12. 年溫差 (Bio07) : 8.09 - 17.57°C , 平均值13.54°C , 標準差2.38°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 28.03 - 29.72°C , 平均值29.02°C , 標準差0.30°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 15.98 - 22.76°C , 平均值20.33°C , 標準差1.01°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 28.08 - 29.72°C , 平均值29.02°C , 標準差0.30°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : 13.16 - 22.44°C , 平均值17.07°C , 標準差2.15°C。
17. 年降水量 (Bio12) : 875.03 - 1670.43 mm , 平均值1077.41 mm , 標準差

178.02 mm。

18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 148.57 - 325.12 mm, 平均值190.09 mm, 標準差40.13 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 8.33 - 29.92 mm, 平均值13.22 mm, 標準差3.96 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15) : 58.45 - 87.55%, 平均值65.76%, 標準差4.53%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 382.44 - 800.90 mm, 平均值483.67 mm, 標準差85.64 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 48.73 - 121.86 mm, 平均值64.56 mm, 標準差12.09 mm。
23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 382.44 - 800.90 mm, 平均值479.19 mm, 標準差78.43 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 66.62 - 318.87 mm, 平均值147.59 mm, 標準差46.04 mm。

(四)、2000年代 (2000 - 2009年)

溫度 (Temperature) :

1. 月均溫 (Temp01 - 12) : 12.43 - 30.29°C, 平均值24.22°C, 標準差4.77°C。(附錄3圖6.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : 12.63 - 30.53°C, 平均值24.35°C, 標準差4.74°C。(附錄3圖6.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : 12.23 - 30.06°C, 平均值24.08°C, 標準差4.80°C。(附錄3圖6.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0.06 - 0.64°C, 平均值0.27°C, 標準差0.13°C。(附錄3圖6.4)

降水量 (Precipitation) : (附錄3圖6.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 12.68 - 342.86 mm, 平均值119.98 mm, 標準差91.08 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables) : (附錄3圖6.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 21.13 - 26.53°C, 平均值23.56°C, 標準差1.15°C。
7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.16 - 0.54°C, 平均值0.32°C, 標準差0.13°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.35 - 3.48%, 平均值2.27%, 標準差0.70%。
9. 溫度季節性 (Bio04) : 302.07 - 638.77°C, 平均值499.43°C, 標準差84.54°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 29.04 - 30.53°C, 平均值29.81°C, 標準差0.36°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : 12.23 - 21.75°C, 平均值16.07°C, 標準差2.20°C。
12. 年溫差 (Bio07) : 8.37 - 17.65°C, 平均值13.75°C, 標準差2.35°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 28.10 - 29.65°C, 平均值29.08°C, 標準差0.31°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 15.51 - 22.78°C, 平均值19.96°C, 標準差2.03°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) :

28.34 - 29.78°C，平均值29.16°C，標準差0.29°C。

16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11)：13.42 - 22.53°C，平均值17.17°C，標準差2.08°C。
17. 年降水量 (Bio12)：1284.68 - 1779.30 mm，平均值1439.76 mm，標準差73.19 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13)：209.18 - 342.86 mm，平均值271.93 mm，標準差32.42 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14)：12.68 - 64.82 mm，平均值31.37 mm，標準差10.52 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15)：45.66 - 98.44%，平均值76.36%，標準差15.33%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16)：532.50 - 991.04 mm，平均值750.81 mm，標準差125.28 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17)：51.54 - 216.03 mm，平均值107.49 mm，標準差31.09 mm。
23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18)：447.78 - 867.14 mm，平均值637.69 mm，標準差127.79 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19)：72.28 - 273.87 mm，平均值119.01 mm，標準差35.92 mm。

(五)、2010年代 (2010 - 2013年)

溫度 (Temperature)：

1. 月均溫 (Temp01 - 12)：11.25 - 30.37°C，平均值23.96°C，標準差

5.04°C。(附錄3圖7.1)

2. 月高溫 (Tmax01 - 12)：11.42 - 30.59°C，平均值24.10°C，標準差5.02°C。(附錄3圖7.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12)：11.07 - 30.14°C，平均值23.82°C，標準差5.07°C。(附錄3圖7.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12)：0.10 - 0.65°C，平均值0.27°C，標準差0.13°C。(附錄3圖7.4)

降水量 (Precipitation)：(附錄3圖7.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12)：12.46 - 295.05 mm，平均值112.80 mm，標準差69.50 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables)：(附錄3圖7.6)

6. 年均溫 (Bio01)：20.68 - 26.49°C，平均值23.25°C，標準差1.23°C。
7. 平均日溫差 (Bio02)：0.18 - 0.54°C，平均值0.32°C，標準差0.13°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03)：1.30 - 3.23%，平均值2.10%，標準差0.64%。
9. 溫度季節性 (Bio04)：307.38 - 673.74°C，平均值528.44°C，標準差91.78°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05)：29.24 - 30.62°C，平均值29.85°C，標準差0.38°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06)：11.07 - 21.60°C，平均值15.11°C，標準差2.35°C。
12. 年溫差 (Bio07)：8.57 - 18.78°C，平均值14.74°C，標準差2.52°C。

13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 22.66 - 29.77°C, 平均值27.41°C, 標準差2.30°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 13.08 - 23.87°C, 平均值18.45°C, 標準差2.94°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 28.44 - 29.88°C, 平均值29.25°C, 標準差0.31°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : 12.52 - 22.44°C, 平均值16.41°C, 標準差2.22°C。
17. 年降水量 (Bio12) : 1217.85 - 1826.37 mm, 平均值1353.57 mm, 標準差94.19 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 197.09 - 295.05 mm, 平均值231.23 mm, 標準差16.22 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 12.46 - 69.45 mm, 平均值29.66 mm, 標準差12.86 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15) : 40.26 - 80.88%, 平均值62.98%, 標準差9.95%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 510.90 - 768.79 mm, 平均值623.16 mm, 標準差47.37 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 49.35 - 332.22 mm, 平均值140.81 mm, 標準差57.97 mm。
23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 308.60 - 767.02 mm, 平均值443.30 mm, 標準差101.74 mm。

24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 81.86 - 340.09 mm, 平均值151.28 mm, 標準差57.54 mm。

(六)、TWD97/TM2 Zone 121 (EPSG: 3826)

1970年代 (1979年)

溫度 (Temperature) :

1. 月均溫 (Temp01 - 12) : -0.69 - 30.90°C, 平均值20.31°C, 標準差5.97°C。(附錄3圖8.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : -0.39 - 31.20°C, 平均值20.53°C, 標準差5.94°C。(附錄3圖8.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : -0.99 - 30.65°C, 平均值20.09°C, 標準差6.00°C。(附錄3圖8.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0.20 - 0.80°C, 平均值0.45°C, 標準差0.12°C。(附錄3圖8.4)

降水量 (Precipitation) : (附錄3圖8.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 0.00 - 920.59 mm, 平均值146.98 mm, 標準差165.02 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables) : (附錄3圖8.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 4.39 - 26.07°C, 平均值20.06°C, 標準差4.55°C。
7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.20 - 0.60°C, 平均值0.45°C, 標準差0.09°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.48 - 5.69%, 平均值3.93%, 標準差0.87%。
9. 溫度季節性 (Bio04) : 271.26 - 510.97°C, 平均值403.39°C, 標準差

57.70°C。

10. 最暖月份之最高溫 (Bio05)：10.60 - 31.20°C，平均值26.41°C，標準差4.51°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06)：-0.99 - 22.42°C，平均值14.66°C，標準差4.62°C。
12. 年溫差 (Bio07)：7.70 - 14.40°C，平均值11.75°C，標準差1.59°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08)：9.29 - 29.41°C，平均值25.02°C，標準差4.56°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09)：-0.10 - 24.42°C，平均值16.63°C，標準差5.21°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10)：9.29 - 29.41°C，平均值25.10°C，標準差4.61°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11)：-0.10 - 22.72°C，平均值15.36°C，標準差4.54°C。
17. 年降水量 (Bio12)：901.05 - 3675.02 mm，平均值1763.76 mm，標準差428.84 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13)：212.57 - 920.59 mm，平均值542.33 mm，標準差135.50 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14)：0.00 - 92.59 mm，平均值12.53 mm，標準差17.12 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15)：57.84 - 163.53%，平均值113.05%，標準差

24.43%。

21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16)：399.63 - 1857.98 mm，平均值1037.10 mm，標準差241.31 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17)：25.77 - 318.55 mm，平均值94.25 mm，標準差58.58 mm。
23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18)：324.69 - 1716.38 mm，平均值876.91 mm，標準差238.09 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19)：32.67 - 588.43 mm，平均值114.69 mm，標準差92.76 mm。

(七)、1980年代 (1980 - 1989年)

溫度 (Temperature)：

1. 月均溫 (Temp01 - 12)：-0.90 - 30.46°C，平均值20.43°C，標準差6.35°C。(附錄3圖9.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12)：-0.63 - 30.73°C，平均值20.65°C，標準差6.32°C。(附錄3圖9.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12)：-1.17 - 30.23°C，平均值20.20°C，標準差6.38°C。(附錄3圖9.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12)：0.20 - 0.70°C，平均值0.45°C，標準差0.11°C。(附錄3圖9.4)

降水量 (Precipitation)：(附錄3圖9.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12)：4.83 - 574.36 mm，平均值164.41 mm，標準差117.69 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables)：

(附錄3圖9.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 4.53 - 26.18°C , 平均值20.18°C , 標準差4.56°C。
7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.20 - 0.61°C , 平均值0.46°C , 標準差0.09°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.40 - 6.03% , 平均值3.69% , 標準差0.85%。
9. 溫度季節性 (Bio04) : 302.48 - 567.55°C , 平均值459.83°C , 標準差63.00°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 9.98 - 30.72°C , 平均值26.08°C , 標準差4.64°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : -1.17 - 21.47°C , 平均值13.41°C , 標準差4.39°C。
12. 年溫差 (Bio07) : 8.32 - 15.39°C , 平均值12.67°C , 標準差1.68°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 9.28 - 29.53°C , 平均值24.92°C , 標準差4.65°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 0.82 - 24.22°C , 平均值16.09°C , 標準差5.17°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 9.45 - 29.77°C , 平均值25.35°C , 標準差4.62°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : -0.56 - 22.03°C , 平均值14.14°C , 標準差4.43°C。
17. 年降水量 (Bio12) : 1151.81 - 3630.39 mm , 平均值1972.93 mm , 標準差

449.30 mm。

18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 204.82 - 574.36 mm , 平均值356.33 mm , 標準差73.13 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 4.83 - 134.08 mm , 平均值33.77 mm , 標準差27.03 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15) : 31.51 - 114.40% , 平均值71.79% , 標準差19.05%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 537.60 - 1412.20 mm , 平均值903.64 mm , 標準差161.67 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 39.58 - 489.02 mm , 平均值143.93 mm , 標準差96.19 mm。
23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 461.56 - 1400.24 mm , 平均值850.83 mm , 標準差163.49 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 39.58 - 576.30 mm , 平均值182.05 mm , 標準差111.24 mm。

(八)、1990年代 (1990 - 1999年)

溫度 (Temperature) :

1. 月均溫 (Temp01 - 12) : -0.61 - 30.26°C , 平均值20.71°C , 標準差6.11°C。(附錄3圖10.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : -0.32 - 30.49°C , 平均值20.94°C , 標準差6.08°C。(附錄3圖10.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : -0.91 - 30.06°C , 平均值20.48°C , 標準差

6.14°C。(附錄3圖10.3)

4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0.20 - 0.74°C, 平均值0.46°C, 標準差0.11°C。(附錄3圖10.4)

降水量 (**Precipitation**) : (附錄3圖10.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 6.96 - 674.91 mm, 平均值167.03 mm, 標準差129.38 mm。

生物氣候變數 (**Bioclimatic variables**) : (附錄3圖10.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 4.75 - 26.38°C, 平均值20.46°C, 標準差4.58°C。
7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.20 - 0.63°C, 平均值0.47°C, 標準差0.09°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.48 - 6.41%, 平均值4.06%, 標準差0.94%。
9. 溫度季節性 (Bio04) : 277.20 - 530.29°C, 平均值420.20°C, 標準差61.56°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 9.76 - 30.47°C, 平均值25.87°C, 標準差4.66°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : -0.91 - 22.04°C, 平均值14.04°C, 標準差4.51°C。
12. 年溫差 (Bio07) : 7.71 - 14.72°C, 平均值11.83°C, 標準差1.68°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 8.88 - 29.68°C, 平均值24.99°C, 標準差4.77°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 1.36 - 24.31°C, 平均值16.72°C, 標準差

4.75°C。

15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 9.27 - 29.71°C, 平均值25.27°C, 標準差4.65°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : -0.04 - 22.59°C, 平均值14.98°C, 標準差4.51°C。
17. 年降水量 (Bio12) : 1200.22 - 3777.70 mm, 平均值2004.39 mm, 標準差443.76 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 230.12 - 674.91 mm, 平均值386.53 mm, 標準差75.84 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 6.96 - 128.81 mm, 平均值30.78 mm, 標準差22.82 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15) : 33.97 - 119.81%, 平均值77.44%, 標準差20.36%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 623.12 - 1681.98 mm, 平均值1021.94 mm, 標準差200.31 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 31.48 - 433.55 mm, 平均值118.91 mm, 標準差83.30 mm。
23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 464.05 - 1681.98 mm, 平均值991.16 mm, 標準差218.02 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 45.79 - 644.34 mm, 平均值178.69 mm, 標準差106.68 mm。

(九)、2000年代 (2000 - 2009年)

溫度 (Temperature) :

1. 月均溫 (Temp01 - 12) : -0.18 - 30.42°C, 平均值20.95°C, 標準差6.05°C。(附錄3圖11.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12) : 0.09 - 30.62°C, 平均值21.18°C, 標準差6.02°C。(附錄3圖11.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12) : -0.45 - 30.22°C, 平均值20.72°C, 標準差6.08°C。(附錄3圖11.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12) : 0.20 - 0.76°C, 平均值0.46°C, 標準差0.11°C。(附錄3圖11.4)

降水量 (Precipitation) :(附錄3圖11.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12) : 16.42 - 695.91 mm, 平均值200.62 mm, 標準差143.34 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables) :
(附錄3圖11.6)

6. 年均溫 (Bio01) : 5.18 - 26.36°C, 平均值20.70°C, 標準差4.54°C。
7. 平均日溫差 (Bio02) : 0.20 - 0.63°C, 平均值0.47°C, 標準差0.09°C。
8. 溫度恆定性 (Bio03) : 1.51 - 6.46%, 平均值4.01%, 標準差0.92%。
9. 溫度季節性 (Bio04) : 279.74 - 525.16°C, 平均值417.36°C, 標準差59.89°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05) : 10.07 - 30.62°C, 平均值26.05°C, 標準差4.62°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06) : -0.45 -

21.87°C, 平均值14.15°C, 標準差4.41°C。

12. 年溫差 (Bio07) : 7.77 - 14.68°C, 平均值11.91°C, 標準差1.67°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08) : 9.36 - 29.55°C, 平均值24.96°C, 標準差4.63°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09) : 0.56 - 29.51°C, 平均值15.83°C, 標準差4.71°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10) : 9.43 - 29.78°C, 平均值25.35°C, 標準差4.63°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11) : 0.56 - 22.57°C, 平均值15.28°C, 標準差4.40°C。
17. 年降水量 (Bio12) : 1681.35 - 4078.04 mm, 平均值2407.41 mm, 標準差468.13 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13) : 260.01 - 695.91 mm, 平均值452.16 mm, 標準差80.31 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14) : 16.42 - 229.34 mm, 平均值68.35 mm, 標準差46.27 mm。
20. 降水之季節性 (Bio15) : 31.54 - 111.70%, 平均值71.32%, 標準差23.14%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 684.42 - 1921.77 mm, 平均值1179.26 mm, 標準差221.17 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 53.43 -

748.26 mm，平均值235.75 mm，標準差160.15 mm。

23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18)：563.48 - 1921.77 mm，平均值1088.38 mm，標準差272.98 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19)：64.48 - 794.21 mm，平均值245.66 mm，標準差164.94 mm。

(十)、2010年代 (2010 - 2013年)

溫度 (Temperature)：

1. 月均溫 (Temp01 - 12)：-0.03 - 30.37°C，平均值20.81°C，標準差6.14°C。(附錄3圖12.1)
2. 月高溫 (Tmax01 - 12)：0.19 - 30.57°C，平均值21.03°C，標準差6.11°C。(附錄3圖12.2)
3. 月低溫 (Tmin01 - 12)：-0.26 - 30.17°C，平均值20.59°C，標準差6.16°C。(附錄3圖12.3)
4. 每月平均日溫差 (Tra01 - 12)：0.20 - 0.75°C，平均值0.44°C，標準差0.11°C。(附錄3圖12.4)

降水量 (Precipitation)：(附錄3圖12.5)

5. 月降水量 (Prec01 - 12)：7.29 - 700.38 mm，平均值221.19 mm，標準差130.90 mm。

生物氣候變數 (Bioclimatic variables)：
(附錄3圖12.6)

6. 年均溫 (Bio01)：5.09 - 26.29°C，平均值20.57°C，標準差4.52°C。
7. 平均日溫差 (Bio02)：0.20 - 0.61°C，平均值0.45°C，標準差0.09°C。

8. 溫度恆定性 (Bio03)：1.46 - 6.45%，平均值3.74%，標準差0.89%。
9. 溫度季節性 (Bio04)：288.21 - 550.62°C，平均值432.06°C，標準差64.58°C。
10. 最暖月份之最高溫 (Bio05)：9.85 - 30.57°C，平均值25.91°C，標準差4.66°C。
11. 最冷月份之最低溫 (Bio06)：-0.26 - 21.47°C，平均值13.68°C，標準差4.25°C。
12. 年溫差 (Bio07)：8.02 - 15.37°C，平均值12.23°C，標準差1.80°C。
13. 最潮濕季節之平均溫度 (Bio08)：6.34 - 29.70°C，平均值24.00°C，標準差5.21°C。
14. 最乾燥季節之平均溫度 (Bio09)：0.67 - 29.67°C，平均值16.51°C，標準差5.40°C。
15. 最溫暖季節之平均溫度 (Bio10)：9.46 - 29.91°C，平均值25.43°C，標準差4.64°C。
16. 最寒冷季節之平均溫度 (Bio11)：0.49 - 22.38°C，平均值14.92°C，標準差4.33°C。
17. 年降水量 (Bio12)：1488.14 - 5241.46 mm，平均值2654.25 mm，標準差739.14 mm。
18. 最潮濕月份之降水量 (Bio13)：265.56 - 700.38 mm，平均值416.55 mm，標準差80.17 mm。
19. 最乾燥月份之降水量 (Bio14)：7.29 -

285.30 mm，平均值83.76 mm，標準差60.03 mm。

20. 降水之季節性 (Bio15) : 26.15 - 98.16%，平均值56.73%，標準差20.71%。
21. 最潮濕季節之降水量 (Bio16) : 683.36 - 1626.28 mm，平均值1083.60 mm，標準差193.40 mm。
22. 最乾燥季節之降水量 (Bio17) : 50.75 - 1047.57 mm，平均值326.86 mm，標準差222.87 mm。
23. 最溫暖季節之降水量 (Bio18) : 553.06 - 1626.28 mm，平均值1021.77 mm，標準差194.58 mm。
24. 最寒冷季節之降水量 (Bio19) : 83.58 - 1305.34 mm，平均值406.07 mm，標準差285.03 mm。

三、土地覆蓋因子

(一)、TWD97/TM2 Zone 119 (EPSG: 3825)

1990年代(1995年) (附錄3圖13)

1. 農田 (FF) : 0 - 907737.6 m²，平均值36047.92 m²，標準差119611.77 m²。
2. 草本、草本作物(旱田) (MD) : 0 - 932369.2 m²，平均值12797.05 m²，標準差69981.13 m²。
3. 農濕地 (FW) : 0 - 1000000 m²，平均值26761.38 m²，標準差109276.34 m²。
4. 森林 (FO) : 0 - 1000000 m²，平均值12856.45 m²，標準差69163.91 m²。
5. 濕地 (WL) : 0 - 158445 m²，平均值

386.12 m²，標準差5736.7 m²。

6. 都市 (UB) : 0 - 423447.4 m²，平均值1342.36 m²，標準差15652.07 m²。
7. 水體 (WB) : 0 - 1000000 m²，平均值893739.1 m²，標準差252729.59 m²。
8. 灌叢 (BU) : 0 - 173548.9 m²，平均值2639.01 m²，標準差13605.86 m²。
9. 裸露地 (BL) : 0 - 129618.8 m²，平均值151.48 m²，標準差3675.49 m²。

(二)、2000年代(2005年) (附錄3圖14)

1. 農田 (FF) : 0 - 907737.6 m²，平均值35517.74 m²，標準差117729.57 m²。
2. 草本、草本作物(旱田) (MD) : 0 - 932369.2 m²，平均值12213.48 m²，標準差65801.86 m²。
3. 農濕地 (FW) : 0 - 1000000 m²，平均值27711.84 m²，標準差110443.49 m²。
4. 森林 (FO) : 0 - 975542 m²，平均值13428.21 m²，標準差70169.16 m²。
5. 濕地 (WL) : 0 - 270823.5 m²，平均值683.14 m²，標準差8614.05 m²。
6. 都市 (UB) : 0 - 772893.6 m²，平均值4312.55 m²，標準差38197.79 m²。
7. 水體 (WB) : 0 - 1000000 m²，平均值889937.26 m²，標準差258849.31 m²。
8. 灌叢 (BU) : 0 - 183672.7 m²，平均值2765.24 m²，標準差13824.07 m²。
9. 裸露地 (BL) : 0 - 129618.8 m²，平均值151.48 m²，標準差3675.49 m²。

(三)、2010年代(2015年) (附錄3圖15)

1. 農田 (FF) : 0 - 907737.6 m²，平均值34071.26 m²，標準差113233.01 m²。

2. 草本、草本作物（旱田）（MD）：0 - 859367.7 m²，平均值11438.19 m²，標準差60556.78 m²。
3. 農濕地（FW）：0 - 933747.2 m²，平均值26880.19 m²，標準差107491.81 m²。
4. 森林（FO）：0 - 975542 m²，平均值13306.44 m²，標準差68919.79 m²。
5. 濕地（WL）：0 - 270823.5 m²，平均值801.95 m²，標準差9623.46 m²。
6. 都市（UB）：0 - 772893.6 m²，平均值7995.58 m²，標準差48311.05 m²。
7. 水體（WB）：0 - 1000000 m²，平均值889372.92 m²，標準差259450.68 m²。
8. 灌叢（BU）：0 - 183672.7 m²，平均值2702.87 m²，標準差13666.19 m²。
9. 裸露地（BL）：0 - 129618.8 m²，平均值151.48 m²，標準差3675.49 m²。

(四)、TWD97/TM2 Zone 121 (EPSG: 3826)

1990年代（1995年）（附錄3圖16）

1. 農田（FF）：0 - 1000000 m²，平均值115160.1 m²，標準差214430.4 m²。
2. 草本、草本作物（旱田）（MD）：0 - 1000000 m²，平均值71392.88 m²，標準差177664.2 m²。
3. 農濕地（FW）：0 - 1000000 m²，平均值81735.28 m²，標準差216563.4 m²。
4. 森林（FO）：0 - 1000000 m²，平均值574513.8 m²，標準差454606.3 m²。
5. 灌叢（BU）：0 - 1000000 m²，平均值11904.14 m²，標準差32832.85 m²。

6. 濕地（WL）：0 - 1000000 m²，平均值12288.32 m²，標準差78899.62 m²。
7. 都市（UB）：0 - 1000000 m²，平均值16862.49 m²，標準差102389 m²。
8. 水體（WB）：0 - 1000000 m²，平均值115192.1 m²，標準差306388.2 m²。
9. 裸露地（BL）：0 - 666009.7 m²，平均值932.76 m²，標準差13941.02 m²。

(五)、2000年代（2005年）（附錄3圖17）

1. 農田（FF）：0 - 1000000 m²，平均值118440 m²，標準差219669.9 m²。
2. 草本、草本作物（旱田）（MD）：0 - 1000000 m²，平均值68343.61 m²，標準差167079.7 m²。
3. 農濕地（FW）：0 - 1000000 m²，平均值79340.63 m²，標準差210982.6 m²。
4. 森林（FO）：0 - 1000000 m²，平均值568026.8 m²，標準差457428.1 m²。
5. 灌叢（BU）：0 - 443539.7 m²，平均值11647.18 m²，標準差30497.68 m²。
6. 濕地（WL）：0 - 1000000 m²，平均值11671.19 m²，標準差75563.34 m²。
7. 都市（UB）：0 - 1000000 m²，平均值27010.41 m²，標準差130603.5 m²。
8. 水體（WB）：0 - 1000000 m²，平均值114548.9 m²，標準差306005.9 m²。
9. 裸露地（BL）：0 - 666009.7 m²，平均值953.08 m²，標準差14039.9 m²。

(六)、2010年代（2015年）（附錄3圖18）

1. 農田（FF）：0 - 1000000 m²，平均值120886.9 m²，標準差219518 m²。
2. 草本、草本作物（旱田）（MD）：0 -

1000000 m²，平均值65622.25 m²，標準差155477.4 m²。

3. 農濕地 (FW)：0 - 1000000 m²，平均值70248.79 m²，標準差194643.8 m²。
4. 森林 (FO)：0 - 1000000 m²，平均值558354.7 m²，標準差454607.2 m²。
5. 灌叢 (BU)：0 - 443539.7 m²，平均值12742.26 m²，標準差31711.68 m²。
6. 濕地 (WL)：0 - 1000000 m²，平均值10906.29 m²，標準差72014.63 m²。
7. 都市 (UB)：0 - 1000000 m²，平均值47151.96 m²，標準差169392.5 m²。
8. 水體 (WB)：0 - 1000000 m²，平均值113071.2 m²，標準差304465.8 m²。
9. 裸露地 (BL)：0 - 666009.7 m²，平均值997.41 m²，標準差14469.6 m²。

四、其他因子

(一)、TWD97/TM2 Zone 119 (EPSG: 3825) (附錄3圖19)

1. 道路長度 (LROAD)：0 - 25023.33 m，平均值3028.27 m，標準差3783.66 m。
2. 道路有無 (PROAD)：233個網格沒有道路經過，欄位表示為0；515個網格有道路經過，欄位表示為1；2,197個網格位於海上，網格表示為-9999。
3. 最短淡水體距離 (DFW)：0 - 116815.9 m，平均值6883.11 m，標準差15392.13 m。
4. 最短鹹水體距離 (DSW)：0 - 3006.55 m，平均值33.98 m，標準差208.41 m。

(二)、TWD97/TM2 Zone 121 (EPSG: 3826) (附錄3圖20)

1. 道路長度 (LROAD)：0 - 39461.58 m，平均值4167.15 m，標準差5216.33 m。
2. 道路有無 (PROAD)：15,998個網格沒有道路經過，欄位表示為0；24,256個網格有道路經過，欄位表示為1；2,979個網格位於海上，網格表示為-9999。
3. 最短淡水體距離 (DFW)：0 - 73331.2 m，平均值342.02 m，標準差3291.07 m。
4. 最短鹹水體距離 (DSW)：0 - 66453.1 m，平均值21611.2 m，標準差17645.04 m。

討論

本研究所建立的「臺灣陸域環境因子多時序資料集」，匯集、詮釋與運算全球與臺灣開放資料，並以開放授權 (open license or status)、容易使用 (open access)、機器可讀 (machine readability) 與開放格式 (open format) 等符合開放資料定義 (open definition 2.1; Open Knowledge International 2019) 方式建構與公開資料集。本資料集結合人文、地形、土地、環境與氣象等跨領域資料，有助於有系統的了解環境基礎資訊，並以機器容易讀取且開放格式提供，可提高資料集使用效益。

全球與臺灣開放資料來源多元，然而TCCIP與DTM等臺灣發布的開放資料僅提

供本島資料，為了以一致的資料來源建構臺灣本島與離島環境因子資料集，因此本研究在地形、氣候與土地覆蓋等主要環境因子計算時採用全球資料。而採用的ASTER GDEM v.2資料集 (Tachikawa *et al.* 2011)以30 m高解析度資料作為本研究資料集代表，但僅有一個年代的地形數值，尚無法呈現臺灣各年代地形變化。

全球氣候資料中，CRU TS v.4.01 (Climatic Research Unit Time-Series Version 4.01)提供1901 - 2016年氣候資料 (附錄1)，但由於歷史資料稀少，以0.5度網格解析度呈現資料，換算至臺灣本島僅48個網格，顯然難以代表臺灣環境資訊。以臺灣歷史資料模擬氣候數值的TCCIP，採用中央氣象局、經濟部水利署與台灣電力公司，合計1,614個測站產製1960 - 2015年全臺5 km與1 km解析度之月降雨、平均溫度、最高溫及最低溫網格資料，雖然是目前可取得氣候相關資料涵蓋時間較廣的資料來源，但目前僅以5 km解析度提供資料，若以此尺度切分臺灣本島，僅有1665格，資訊仍不夠精細，無法有效呈現生態意義，且不易應用於臺灣各地環境現況評估研究，研究學者實際使用時仍需將資料降解解析度至1 km (Lin *et al.* 2018)。因此採用CHELSA (Karger *et al.* 2017)，此資料集以約1 km解析度提供全球35年來的每月氣溫與雨量資料。臺灣本島面積約36,000 km²可切分為約40,254個1 km²網格，亦符合目前大多數臺灣研究者主要使用研究尺度 (李培芬 1997; 許皓捷 2016)。同時由於原始資料來源尺度多元，為了便於運算與實際可行性，將各個環境因子原始資料重新整

合運算至1 km²網格內。若是地區小尺度的研究，仍需依照研究需求重新取樣至0.5 km解析度，甚至是在單一都市生物多樣性研究層級時採用更精細的0.05 km網格解析度建置環境因子資料 (Le Louarn *et al.* 2018, 許皓捷 2016)。

土地覆蓋方面資料，內政部發布的國土利用調查是最精細且最準確的資料來源，但可取得的最早數化資料為2008年，同時亦是未涵蓋全部研究範圍，因此在土地覆蓋因子方面也採用全球資料庫，ESA CCI LC maps提供資料形式為300 m解析度，雖不若國土利用調查資訊詳細 (Li *et al.* 2018)，但涵蓋時間尺度較廣。從ESA CCI LC maps中選取1995、2005、2015年作為臺灣1990、2000與2010年代代表土地覆蓋圖。ESA CCI LC maps以全球尺度將土地覆蓋類型分為37類，臺灣包含其中22種土地覆蓋類型，為了容易理解與使用將22種類型合併為農田、草本與草本作物 (旱田)、農濕地、森林、灌叢、濕地、都市地區、裸露地與水體等9大類土地覆蓋類型。

本研究建立之多時序資料集包含過去到現在的氣候與土地覆蓋資料，在地形與其他人文地理因子方面僅有2010年代資料，若是可取得過去的DTM、水文或道路等圖資，將可完整的研究氣候變遷與人為活動對環境之影響。關於時間尺度方面，若能有涵蓋全研究區域的未來氣候變遷情境模擬資料發布，例如TCCIP對臺灣本島2021 - 2040、2041 - 2060、2061 - 2080與2081 - 2100年等未來不同年代與情境的氣候推估資料，擴充目前資料集的氣候資

訊，亦將能更進一步研究氣候變遷情境下，環境變化對物種或生態的影響。

人為影響生物棲地部分，目前資料集內整合運算資料為最基本的各年代土地覆蓋類型資訊，未來研究將分析人為開發如何影響棲地類型變化，並演算都市化的擴張與棲地破碎化等衍生性地景指數，以更進一步了解人為的擾動如何影響自然地景 (Hurtt *et al.* 2006, Ellis *et al.* 2010, Goldewijk *et al.* 2017, Li 2018)。

整體而言，本研究所彙整與建立之「臺灣陸域環境因子多時序資料集」廣泛包含地形、氣候、土地覆蓋與其他人文地理因子等100項變數，資料範圍含括臺灣整體陸域，並依地理位置分別建立本島與離島兩個子資料集，涵蓋1970 - 2010年5個年代，是時間與空間範圍涵蓋最完整的開放資料集，並以開放資料精神提供ESRI shapefile, GeoTIFF與ASCII等檔案直接下載連結，可大幅節省研究者彙整搜集與資料運算時間，並可有效應用於生物分布模擬，氣候與環境變遷分析等研究。

資料連結網址

Github: https://github.com/WanJyunChen/Taiwan_environmental_dataset

Depositar: https://data.depositar.io/dataset/taiwan_environmental_dataset

引用文獻

內政部營建署。2014。自然與人工海岸線示意圖。<https://data.gov.tw/dataset/7444>。

交通部。2016。交通路網數值圖使用手冊。交通部。

李培芬、廖倩瑜、李玉琪、潘彥宏、傅維馨、陳宣汶。1997。台灣地區生態與環境因子地理資訊資料庫。行政院農業委員會。

許皓捷。2016。臺灣及澎湖群島環境因子GIS資料庫。<http://mountain-ecology.blogspot.tw/2016/06/gis.html>。

農業委員會。2016。林道分布圖。<https://data.gov.tw/dataset/38213>。

Ellis, E. C., K. Klein Goldewijk, S. Siebert, D. Lightman, and N. Ramankutty. 2010. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology and Biogeography* 19:589-606.

Fick, S.E. and R.J. Hijmans. 2017. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37: 4302-4315.

Goldewijk, K. K., A. Beusen, J. Doelman and E. Stehfest. 2017. Anthropogenic land use estimates for the Holocene - HYDE 3.2. *Earth System Science Data* 9: 927-953.

Hijmans, R. J., S. Phillips, J. Leathwick, and J. Elith. 2017. dismo: Species Distribution Modeling. R package version 1.1-4. <https://CRAN.R-project.org/package=dismo>

Hurtt, G. C., S. Frolking, M. G. Fearon, B.

- Moore, E. Shevliakova, S. Malyshev, S. W. Pacala and R. A. Houghton. 2006. The underpinnings of land-use history: three centuries of global gridded land-use transitions, wood-harvest activity, and resulting secondary lands. *Global Change Biology* 12:1208-1229.
- Karger, D.N., O. Conrad, J. Böhrer, T. Kawohl, H. Kreft, R. W. Soria-Auza, N. E. Zimmermann, H. P. Linder and M. Kessler. 2017. Data from: Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data* 4: 170112.
- Le Louarn, M., P. Clergeau, D. Strubbe and M. Deschamps-Cottin. 2018. Dynamic species distribution models reveal spatiotemporal habitat shifts in native range-expanding versus non-native invasive birds in an urban area. *Journal of Avian Biology* 49: jav-01527.
- Li, W., N. MacBean, P. Ciais, P. Defourny, C. Lamarche, S. Bontemps, R. A. Houghton and S. Peng. 2018. Gross and net land cover changes in the main plant functional types derived from the annual ESA CCI land cover maps (1992 - 2015). *Earth System Science Data* 10:219-234.
- Lin, H.-Y., J.-M. Hu, T.-Y. Chen, C.-F. Hsieh, G. Wang, and T. Wang. 2018. A dynamic downscaling approach to generate scale-free regional climate data in Taiwan. *Taiwania* 63:251-266.
- Michener, William K. 2015. Ecological data sharing. *Ecological Informatics* 29:33-44.
- O'Donnell, M.S., and D. A. Ignizio. 2012. Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous United States: U.S. Geological Survey Data Series 691:1-10.
- Open Knowledge International. 2019. Open Definition 2.1. Retrieved 20 May 2019, from <https://opendefinition.org/od/2.1/en/>
- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Tachikawa, T., M.Kaku, A. Iwasaki, D. B. Gesch, M. J. Oimoen, Z. Zhang, J. J. Danielson, T. Krieger, B. Curtis, J. Haase, M. Abrams and C. Carabajal. 2011. ASTER Global Digital Elevation Model Version 2-summary of validation results. Retrieved from <http://pubs.er.usgs.gov/publication/70005960>

馬祖列島雌光螢族群分布調查

Population Distribution Survey of *Rhagophthalmus* species in Matsu Archipelago, Taiwan

方華德^{1,2} 呂俊緯¹ 蔡娜樺¹ 胡景瀚¹ 何健鎔^{1†} 謝佳宏^{2*}

**Hua-Te Fang^{1,2}, Chung-Wei Lu¹, Na-Hua Tsai¹, Jing-Han Hu¹,
Jen-Zon Ho^{1†} and Chia-Hung Hsieh^{2*}**

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 552南投縣集集鎮民生東路1號

²中國文化大學森林暨自然保育學系 111台北市士林區華岡路55號

¹Endemic Species Research Institute, No. 1, Ming-Shen East Rd., Jiji Township, Nantou County, Taiwan

²Department of Forestry and Nature Conservation, Chinese Culture University,
No. 55, Huagang Rd., Shilin Dist., Taipei City 111, Taiwan

[†]本文紀念已故何健鎔博士，馬祖列島二種雌光螢命名者。

[†] This article commemorates the deceased Dr. Jen-Zon Ho who is a namer of two
Rhagophthalmus species in Matsu.

* 通訊作者 e-mail: xjh4@ulive.pccu.edu.tw

*Corresponding author e-mail: xjh4@ulive.pccu.edu.tw

摘要

馬祖列島分布著2種特有種雌光螢，北竿雌光螢(*Rhagophthalmus beigansis*)和東莒黃緣雌光螢(*R. giallolateralus*)，但數量稀少且分布侷限。本研究調查並彙整2010至2019年資料，建立雌光螢數量變化及分布地點等基礎生態資訊。2種雌光螢發生期皆在3到5月。北竿雌光螢分布於北竿、大坵與高登，主要發生季為4月，東莒黃緣雌光螢分布於東莒與西莒，主要發生季為3月和4月。馬祖列島2種雌光螢的族群數量，大致呈現逐年減少趨勢，部分棲地因為工程開發而造成族群滅絕。本研究提供馬祖特有雌光螢生態資訊於推動設立雌光螢野生動物保護區參考，達成生物保育馬祖特有種雌光螢之目標。

關鍵詞：連江縣、螢火蟲、北竿雌光螢、東莒黃緣雌光螢、野生動物保護區

Abstract

Rhagophthalmus beigansis and *R. giallolateralus* are two endemic firefly species rarely found in Matsu Archipelago, Taiwan. This study surveyed the two firefly species in Matsu Archipelago during the period of 2010 to 2019 to establish their basic ecological information, including their locations and population dynamics. The adult occurrence time of the two fireflies were from March to May. The major occurrence time of *R. beigansis* was in April on Beigan, Daqiu and Gaodeng islands. The major occurrence time of *R. giallolateralus* was from March to April on Dongiu and Xiju islands. The results showed that population size of two fireflies has been decreasing year by year, and some habitats have undergone population extinction due to engineering development. This study provides ecological information of the two endemic fireflies and serves to promote the establishment of wildlife refuge in order to achieve biological conservation of *Rhagophthalmus* spp. in Matsu.

Key words: Lienchiang County, firefly, *Rhagophthalmus beigansis*, *R. giallolateralus*, wildlife refuge

收件日期：2019年12月18日

Received: December 18, 2019

接受日期：2020年01月21日

Accepted: January 21, 2020

緒 言

螢火蟲係指螢科(Lampyridae)的昆蟲，種類多達2,200種(Slipinski *et al.*, 2011; Faust, 2017)。雌光螢科(Rhagophthalmidae)僅分布於亞洲地區，過去曾歸類於螢科之中，目前分類上為螢科(Lampyridae)的姊妹群(Motschulsky, 1853; Branham and Wenzel, 2003)。廣義上亦有學者將其納入螢火蟲的範疇(何等，2009；陳等，2010)。雌光螢科自1910年後陸續有新屬發表，或是由其他類群的屬級併入其中，目前已知11個屬不足百種，而當中以雌光螢屬(*Rhagophthalmus*)種類最多，共記錄36種(Pascoe, 1862; Olivier, 1910; McDermott, 1966; Wittmer and Ohba, 1994; Branham and Wenzel, 2001; Kawashima and Satô, 2001; Kawashima and Sugaya, 2003; Li *et al.*, 2008; Kawashima *et al.*, 2010; Kundrata and Bocak, 2011; Ho *et al.*, 2012; Yiu, 2017)。

早期對於雌光螢的基礎研究極少，僅針對少數種類做過基礎生物學之描述(Green, 1912; Ridley, 1934; Haneda, 1950; Harvey, 1952)。主要是因為雄蟲通常不發光，因此採集不易，再加上雌雄形態差異極大，個別發現時很難聯想為同一物種(Li and Liang 2008; Ho *et al.* 2012)。此外，幼蟲為土棲性，且隱蔽性高，難以被發現與採集(Li and Liang, 2008)，也加深其研究的難度。直到日本產大場雌光螢(*R. ohbai*)的發表(Wittmer and Ohba, 1994)，隨後在生態習性、化學防禦、人工飼育、胚胎發育、發光行為及視覺生態等主題有更深入的研

究進展(Ohba *et al.*, 1996; Kobayashi *et al.*, 2001, 2002; Ohba, 2004; Lau and Meyer-Rochow, 2006; Lau *et al.*, 2007; Suzuki and Kobayashi, 2008)。臺灣產雌光螢研究起步較晚，大場雌光螢(*R. ohbai*)為最早確認的新紀錄種，並對其生物學有初步的描述(陳與何，1998)。隨後陸續有賴氏雌光螢(*R. jenniferae*)及蓬萊雌光螢(*R. formosanus*)等新種之發表與基礎生物學及行為生態之探討(Kawashima and Satô, 2001; Kawashima and Sugaya, 2003; 陳等，2010；陳與鄭，2012)，然相關的基礎生物學資訊仍舊缺乏。

馬祖地區自1956年後進入戰地政務時期，長達43年的軍管時期，因應軍事防務上的遮蔭掩蔽、水土保持和景觀性等需求，進行大規模植樹造林，軍管期間受到國軍良好的保護，也致使當地的動植物生態得以保存(曹，2006；何，2009)。近20年來，連江縣政府積極發展觀光，結合專家學者整合在地生態資源。何(2009、2011)於馬祖地區進行雌光螢鑑定計畫，並命名發表2種馬祖特有雌光螢(Ho *et al.* 2012)，北竿雌光螢(*R. beigansis*)和東莒黃緣雌光螢(*R. giallolateralis*)，為馬祖雌光螢研究奠定良好基礎。本研究彙整2010-2019年調查資料，建立完整的族群分布、數量變化及生態行為觀察紀錄。

材料與方法

一、調查時間與樣點

本研究調查馬祖地區的北竿雌光螢(*R. beigansis*)及東莒黃緣雌光螢(*R.*

giallolateralus) (Ho *et al.*, 2012)，記錄期間為2010-2012年及2017-2019年。根據雌光螢主要發生期3-5月期間進行調查，每月調查1次；另有不定期調查，其中僅有一筆資料者，只列入分布成果。夜間調查的起始時間參考日沒時間(參考中央氣象局)，馬祖地區3-5月的日沒時間約18:00-18:50，入夜時間則落在18:30-19:20，每次調查時間視當天情況調整，調查工作於21:00前結束。調查地點主要以連江縣四鄉五島為主，包括南竿島、北竿島及其鄰近的大坵島和高登島、東莒島、西莒島和東引島，記錄種類、地理分布、出現時間與數量，並參考何(2009、2011)調查樣點設置調查樣線。

二、調查方式

雌光螢為夜間活動的昆蟲，發光行為是其兩性於夜間溝通的重要方式(Lewis and Cratsley, 2008)。發光行為與螢科特性不同，屬於持續發光不閃爍類型，夜間目視僅見單一螢光亮點。本研究採用夜間穿越線調查法，記錄沿途所見之雌蟲發光點位置與數量。

三、氣候資料紀錄

2017年在北竿島、東莒島和西莒島等雌光螢分布處，架設自動溫度計(HOBO data logger)記錄溫濕度等氣象資料，探討氣候與雌光螢發生時間與數量之相關性。待資料收集完成，調查者將裝置攜回實驗室中讀取資料進行彙整。

結果與討論

一、雌光螢分布狀態

根據2010-2019年的調查結果顯示，北竿雌光螢分布於北竿島、大坵島和高登島(圖1)，東莒黃緣雌光螢分布於東莒島和西莒島(圖2)，而南竿島與東引島並無發現雌光螢分布。

北竿雌光螢在2010-2012年間，發生高峰期4月調查到62隻次，中正公園的數量最高，環島北路(白馬尊王廟)次之(表1)。2017-2019年間，發生高峰4月調查到42-89隻次，環島東路(蝴蝶花谷至莒光堡)數量最高，蝴蝶花谷次之(表1)。其中中正公園與環島北路(白馬尊王廟)在兩個時期皆有調查，前者棲地已破壞，僅在周圍記錄零星個體，後者則是棲地可能受到光害的影響，未再發現。自2017年起重啟調查，單一樣區(線)的數量幾乎低於往昔記錄，且棲地多在道路、房舍及水庫等人工建物周邊，干擾程度較高，2017-2019年於大部分樣區(線)呈現下降的趨勢。

東莒黃緣雌光螢在東莒島的調查，2010-2012年間發生高峰3-4月調查到15-23隻次，故鄉民宿周邊的數量最多，氣壯山河次之(表2)。2017-2019年間發生高峰3-4月可調查到79-115隻次，直昇機場前方小路數量最多，直昇機場次之(表2)。西莒島在2011-2012年間5月份的調查，記錄到5-21隻次，敬恆國中小的數量最高(表3)。2017-2019年間，發生高峰期3-4月調查到38-95隻次，有容路數量最多，田沃路邊次之(表3)。東莒黃緣雌光螢在東莒島各樣點大致呈現逐年下降的趨勢，僅故鄉民宿周邊略升。西莒島各樣點則呈現逐年下降的

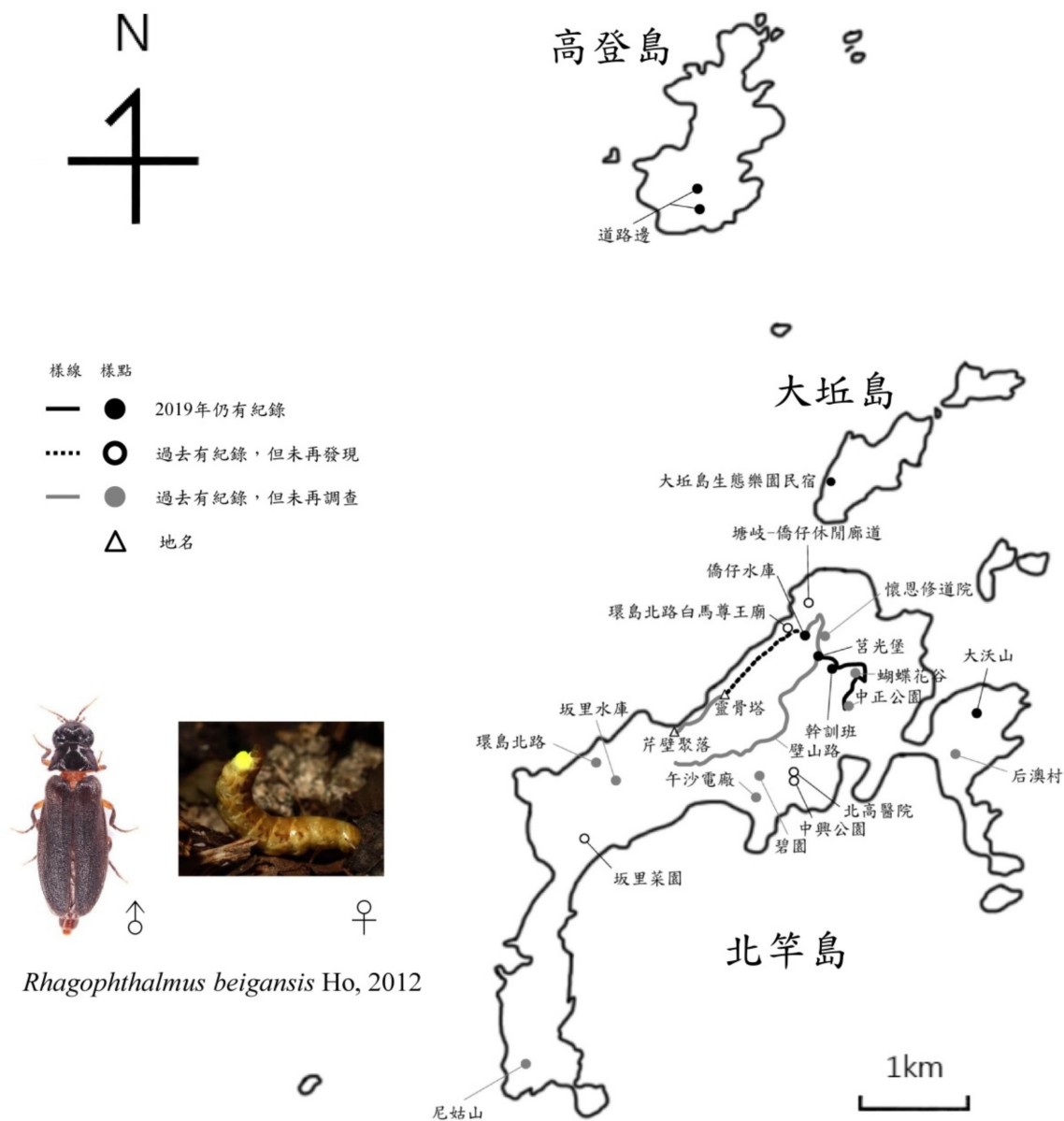


圖1. 北竿雌光螢於連江縣北竿鄉之分布。

Fig. 1. Distribution of *Rhagophthalmus beigansis* in Beigan Township of Lienchiang County.

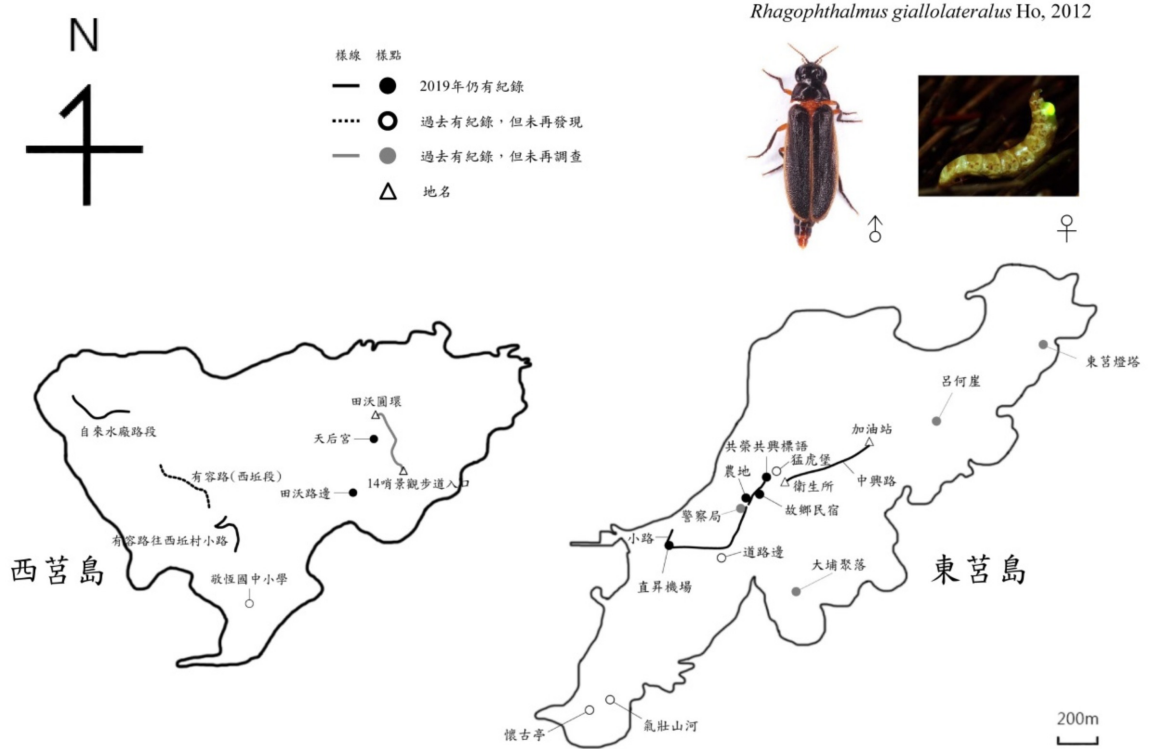


圖2. 東莒黃緣雌光螢於連江縣東莒島和西莒島之分布。

Fig. 2. Distribution of *Rhagophthalmus giallolateralis* on Dongju Island and Xiju Island of Lienchiang County.

趨勢。

本研究調查資料顯示，2月份未在各樣點發現成蟲，馬祖2種雌光螢成蟲出現時間主要介於3-5月。北竿雌光螢的發生期為3-5月，但3月於大部分的樣點未見雌蟲活動，高峰期為4月。東莒黃緣雌光螢的發生期為3-5月，東莒島和西莒島的高峰期在3-4月，但西莒島於5月仍可觀察到較多的個體。何(2009)曾發現北竿雌光螢的發生期較

往年有縮短與略為延遲的現象，認為與節氣延後有關。物候條件可能影響成蟲的發生時間，但2017年東莒島和西莒島於3-5月的溫溼度紀錄相似(表4)，二島雌光螢出現時間之差異應非氣候因子所造成，或是由多個因素共同影響，確切原因仍有待未來進一步釐清。

東引島根據在地民眾訪談紀錄，7-8月有螢火蟲出沒紀錄，觀察為飛行中不閃爍

表1. 2010-2019年北竿雌光螢在北竿鄉之分布地點與調查數量

Table 1. Locations and surveying number of *Rhagophthalmus beigansis* in Beigan Township in 2010-2019

地點	2010		2011		2012		2017		2018		2019		
	3/25	5/4	4/26-27	5/4-16	4/3-16	5/25	3/25	4/13-25	5/1-14	3/29	4/17-29		
蝴蝶花谷	-	-	-	-	20	0	0	1	0	-	0		
莒光堡	-	-	-	-	5	0	0	17	0	0	3		
僑仔水庫	-	-	-	-	13	0	0	6	0	-	2		
塘岐-僑仔休閒廊道	-	-	-	-	6	0	1	0	0	-	0		
舒慢活民宿	-	-	-	-	-	-	-	15	0	0	9		
坂里菜園	-	-	-	-	9	0	0	0	0	-	0		
環島北路(白馬尊王廟至靈骨塔)	-	-	-	-	9	0	0	0	0	-	0		
環島東路(蝴蝶花谷至莒光堡)	-	-	-	-	-	-	-	34	0	-	1		
環島東路(中正公園至蝴蝶花谷)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27		
壁山路	-	-	11	13	0	-	-	-	-	-	-		
高登島	-	-	-	-	-	-	-	16	1	-	-		
大坵島	-	-	-	1	-	-	-	-	16	-	-		
中正公園	0	-	30	5	1	-	-	-	-	-	-		
環島北路(白馬尊王廟)	0	3	21	1	0	-	-	-	-	-	-		

-表示未調查

表2. 2010-2019年在東莒黃緣雌光螢在東莒島之分布地點與調查數量
Table 2. Locations and surveying number of *Rhagophthalmus giallateralus* on Dongju Island in 2010-2019

地點	2010		2011		2012		2017		2018			2019		
	3/20-21	3/13/19	4/30	5/4	5/4	3/15-26	4/1-12	5/24	3/21	4/10-15	5/13	3/28	4/30	
共榮共興標語	-	-	-	-	-	3	13	-	0	2	0	23	4	
直昇機場	-	-	-	-	-	3	26	0	-	5	-	3	0	
直昇機場右側小路	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	0	72	0	
懷古亭	-	-	-	-	-	-	16	-	0	0	0	0	-	
氣壯山河	11	-	-	-	-	1	-	-	0	-	0	0	-	
故鄉民宿周邊	-	-	20	-	-	10	9	0	14	12	0	7	0	
中興路	-	-	-	18	-	-	9	0	0	4	0	6	0	
猛虎堡	4	0	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
- 表示未調查														

- 表示未調查

表3. 2011-2019年在東莒黃緣雌光螢在西莒島之分布地點與調查數量
Table 3. Locations and surveying number of *Rhagophthalmus giallateralus* on Xiju island in 2011-2019

地點	2011			2012			2017			2018			2019		
	5/1	5/8	5/12	5/13	5/20	5/22	5/24	5/27	5/31	5/31	5/31	5/31	5/31	5/31	5/31
天后宮	3	-	-	0	7	0	1	0	0	0	0	2	-	0	0
有容路往西坵小路	-	-	-	74	-	0	5	43	4	1	3	5	3	5	5
有容路(西坵段)	-	-	-	-	-	-	4	0	0	0	-	0	-	0	0
田沃路邊	-	-	-	-	-	-	-	32	0	2	24	2	24	2	2
自來水廠	-	-	-	-	-	-	9	1	0	6	-	0	-	0	0
敬恆國中小	18	5	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- 表示未調查

表4. 2017年3-5月自動溫度計(HOBO data logger)記錄氣象因子
Table 4. Temperature and relative humidity records from HOBO data logger from March to May in 2017

地點	時間	溫度°C			土壤溫度°C			相對溼度%		
		月均溫	最高溫	最低溫	月均溫	最高溫	最低溫	平均溼度	最高溼度	最低溼度
北竿	3月	13.89	21.63	7.09	14.29	22.62	8.28	89.57	100	59.77
	4月	18.28	24.48	11.88	18.43	23.48	12.59	90.64	100	61.08
	5月	20.98	26.23	14.86	21.08	25.51	16.71	92.25	100	76.11
東莒	3月	14.23	22.42	8.39	14.68	18.43	9.97	87.43	98.87	56.57
	4月	19.00	24.90	12.15	15.59	23.29	14.70	87.98	100	55.48
	5月	21.55	25.74	15.77	22.04	24.55	19.09	90.16	100	66.32
西莒	3月	14.37	24.24	8.32	14.36	18.61	10.26	89.78	100	55.33
	4月	19.33	26.62	11.25	18.75	22.72	14.33	88.60	100	53.59
	5月	22.22	27.21	16.29	21.63	24.55	19.09	88.85	100	64.99

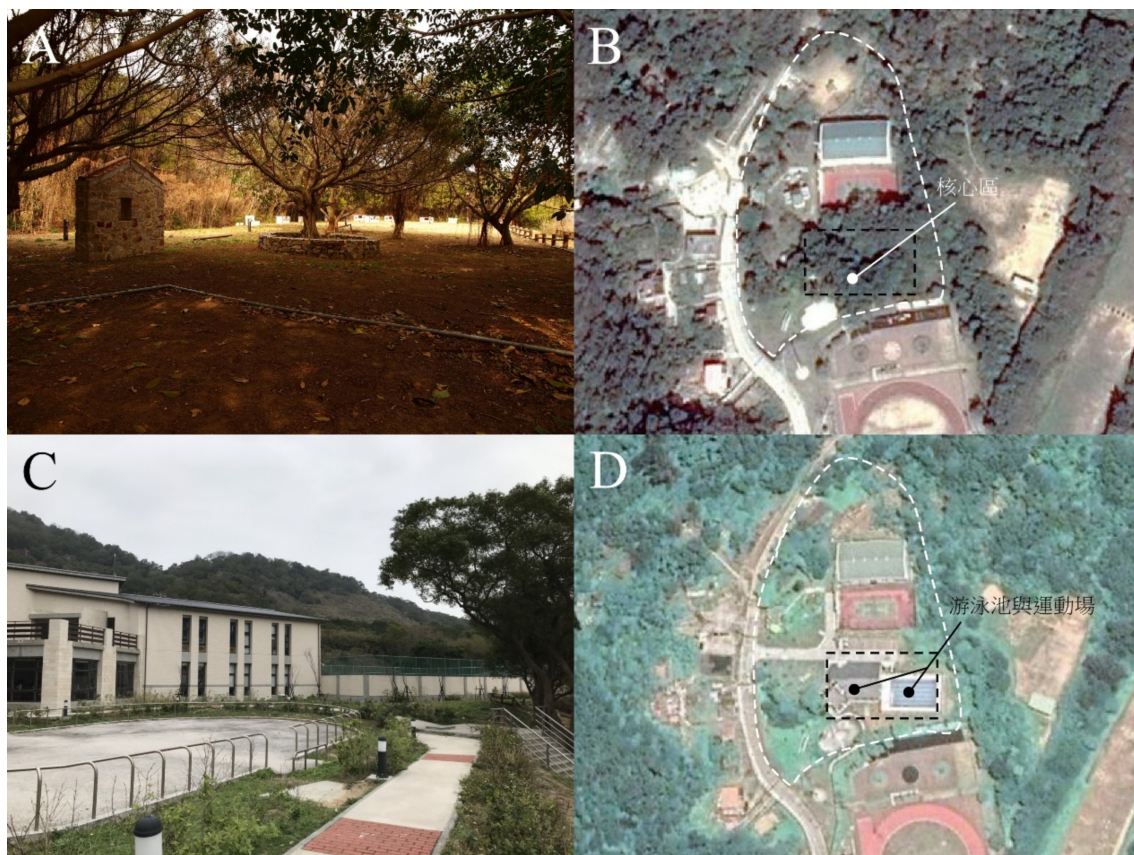


圖3. 中正公園之衛星影像照(取自Google earth)。(A) 2011年雌光螢分布核心區 (B) 2013年11月之歷史衛星影像 (C)2020年游泳池與運動場 (D) 2019年11月之歷史衛星影像。白色虛線標記為中正公園範圍、黑色虛線標記為施工範圍。(C)圖由陳秀梅拍攝。

Fig. 3. Satellite image of Zhongzheng Park (from Google earth). (A) Core area of *Rhagophthalmus beigansis* in 2011 (B) Historical satellite image in November, 2013 (C) Swimming pool and sports ground in 2020 (D) Historical satellite image in November, 2019. The white dotted line is marked as the Zhongzheng Park area, and the black dotted line is marked as the construction area. (C) is photographed by Show-Mei Chen.

的光點，推測為螢科螢火蟲並非雌光螢。東莒島與西莒島距離約3 km，東莒黃緣雌光螢在二地皆有分布。南竿島與北竿島距

離約3 km，但僅在北竿島有雌光螢的紀錄。2017年介壽國中小的廖姓替代役男於南竿島的四維地區發現雌光螢幼蟲(詳見



圖4. 敬恆國民中小學與有容路(西坵段)。(A)2011年敬恆中小學國中部往國小部階梯 (B) 2011年階梯上行左側草叢為雌光螢棲地 (C)2019年階梯上行左側兩端各安裝一根照明裝置 (D)有容路(西坵段)內側為新設置的擋土牆。(C)、(D)圖由陳善浩拍攝。

Fig. 4. Municipal Jingheng Junior High and Elementary School, and Yourong Road (Xiju Section). (A) The stairway from junior high school region to elementary school region in 2011 (B) The weedy ground on the left side of upward path of the stairway is a habitat of *Rhagophthalmus giallolateralus* (C) Lighting devices are installed on upper and lower sides of the left side of upward path of the stairway in 2019 (D) The inside of Yourong Road (Xiju Section) was the retaining wall newly set recently. (C) and (D) are photographed by Shan-Hao Chen.

2017年7月21日馬祖日報), 樣本寄至特有生物研究保育中心進行鑑定, 但樣本已死亡且蟲體腐壞, 無法確認種類。本研究於2018-2019年在南竿島原發現地擴大範圍調查, 皆未發現雌光螢分布。南竿島相較於北竿島, 開發與建設程度較高, 遊客等人為干擾亦較多, 可能限縮雌光螢的生存空間。馬祖地區人為干擾、棲地破壞及光害嚴重等影響下, 導致原有螢火蟲的族群大量降低, 因此變得不易觀察, 可能是未再發現的原因之一(何等, 2017)。

二、雌光螢族群消長

北竿雌光螢在2011年4月份的調查, 中正公園記錄到30隻次(表1), 但2017年卻僅發現到1隻個體, 現地調查亦觀察到環境破壞情況。中正公園的雌光螢棲地與周邊環境原是林木覆蓋(圖3A), 如同2013年Google earth所記錄的歷史衛星影像(圖3B), 但在2016年以後的地景已見大幅變動, 由游泳池與運動場取代, 外圍則為裸露地(圖3C、D)。中正公園棲地破壞導致族群消失。蝴蝶花谷在2017-2019年間, 調查數量逐年遞減。2018年曾觀察到樣點位置有施工情況, 可能是造成數量減少原因。北竿遊客中心旁的坂里菜園, 2017年曾有觀察紀錄, 但往後年度未再發現, 此處為農田區而經常性的農事活動, 潛在的化肥或農藥使用, 可能會影響其族群生存。

東莒黃緣雌光螢, 2017年在東莒的直昇機場外側中興路上的兩側草叢調查到30隻, 但2018年調查數據顯示族群量驟降(表2), 觀察到路邊植被遭移除導致土層裸露, 推測除草活動破壞棲息地的, 導致族

群數量下降。螢火蟲發生場域, 建議除草活動在發生期的前一個月進行, 並保留5-10cm的草長, 剩餘的廢草會再覆蓋回原地, 可保持棲地的溫溼度、隱密性與植被來源, 以減少對棲地的破壞與干擾(Ho *et al.*, 2017)。

西莒島的東莒黃緣雌光螢, 敬恆國中小在2011-2012年有雌光螢分布紀錄(表3), 主要棲地位於國中部與國小部間樓梯, 靠近內側的草叢, 以及向下延伸具部分裸露岩塊的邊坡(圖4A、B、C), 但該處在2017年後的調查皆未再發現任何個體。觀察推測該處照明燈具的設置, 施工與光害可能是影響其族群生存的因素。此外, 2018年有容路西坵段曾有觀察紀錄, 但由於該路段於當年度後期進行擋土牆施作的工程(圖4D), 2019年則未再有紀錄, 亦推測施工影響其族群生存。

三、生態行為紀錄

馬祖2種雌光螢雌蟲入夜後開始發光, 常見於道路兩側的草叢之中, 或是移動至稍微裸露的區域, 有時也會攀爬至枝葉上, 甚至垂直攀附在水泥護欄(油漆覆蓋), 可見其優異的攀爬能力。同一棲地內的雌蟲展示求偶發光, 一般會保持一定距離, 偶可見比鄰而立的發光, 最近可達2-3 min。最晚至9點仍可見零星光點, 每晚活動時間在2 hr以內, 與賴氏雌光螢接近(陳等, 2010)。何等(2012)曾在實驗室內進行北竿雌光螢的食性測試與行為觀察, 發現幼蟲僅捕食倍足綱的馬陸(millipede), 捕食階段、取食過程與蛻皮時會發出螢光。本研究翻找石塊搜尋土棲幼蟲, 預期在發生

期前約1個月可發現終齡幼蟲活動，但經搜尋並未發現，僅在發生期的5月份有3筆紀錄，雌光螢幼蟲具高度隱密性不易觀察(Kawashima *et al.*, 2010)。推測幼蟲可能選擇更隱密的環境進食，甚至鑽入土壤較深的位置。

雄蟲不發光或微弱發光不易發現，入夜後雌蟲開始發光，若鄰近有雄蟲活動，則在5-10 min以內可以透過雌蟲光點變暗來發現雄蟲(Ohba *et al.*, 1996; 陳, 2003; 何, 2011; 何等, 2017)。本研究在北竿芹壁一處小水池中，發現10隻落水掙扎的雄蟲，附近卻沒有雌蟲，但有多顆蛙卵漂浮在水面，在月光的映照下呈現些許反光，且雄蟲在蛙卵粒附近。雌光螢科的*Dodecatoma* spp.與*Menghuoius* spp.有在夜間趨光的紀錄(Kawashima *et al.*, 2010)，推測落水雄蟲可能趨光並受到反光蛙卵吸引。

馬祖的雌光螢有兩類發光器，第一類是位於腹部腹面第七節的大型白色發光器，第二類是位在腹部兩側及背側的微小點狀發光器(Ho *et al.*, 2012)。本研究採集多隻發光雌性個體回實驗室觀察，其中1隻產下受精卵的個體仍會舉尾發光，顯示交配過的雌蟲仍會出現求偶行為；而部分產下未受精卵的雌蟲，仍可觀察到小型點狀光。Kawashima *et al.*, (2010)提出雌蟲求偶時展示大型發光器，但交配後會完全改變發光形式，改由體側及體背的小點光，與本研究觀察具有差異。此外，本研究亦觀察到雌雄個體及幼蟲受到碰觸或干擾時，腹部末端會迅速移向干擾源，並分泌暗褐色帶有刺激性氣味之液體，可能為萘醌(1,4-naphthoquinone(NQ))類物質，其成分

推測是透過幼蟲階段取食馬陸所轉換而來(Hosoe *et al.*, 2014)。

雌光螢的行為特殊，不論是在成蟲的求偶與發光行為，或是幼蟲的生態習性與捕食行為等，與螢科的螢火蟲有相當程度的差異性，且仍有諸多未解之處。相較於臺灣本島的雌光螢種類，馬祖地區的2種雌光螢族群尚屬易見，適合未來深入探討其行為生態與生物學等相關議題。

謝誌

本研究感謝連江縣政府委託「98、99年度馬祖地區雌光螢生態調查及鑑定計畫」執行調查工作期間，蒙當時曹局長爾元、張秘書壽華、江課長冠緯、蔡技佐錫鍊及王校長建華多方之協助，使計畫得以順利進行。本研究亦感謝連江縣政府委託「105、106、107年連江縣生物多樣性保育及入侵種管理計畫」及「108年度連江縣保護區及自然地景經營管理計畫」，感謝劉處長德全、賴科長文啟、陳科長慧雯、黃技士韻文、陳瓊君小姐及劉玉琳小姐等多方之協助。感謝張秀姁小姐與鄭恕涵先生等協助計畫執行與資料整理。蒙塘岐國小陳老師秀梅、東莒國小陳老師登創、東引國小王老師祺智、北竿教會鄭牧師憲章及西莒友誼民宿陳善濤先生提供寶貴經驗與採集情報。公民科學調查感謝馬祖國家風景區許技正廣宗、黃致豪、李庭富、陳慧書、陳君業、黃祥晟、高文清、王禮義、王春萍及崔學皓等協助調查，在此一併謹呈謝意與敬意。

引用文獻

- 何健鎔。2009。98年度馬祖地區雌光螢生態調查及鑑定計畫成果報告。連江縣政府。117頁。
- 何健鎔。2011。99年度馬祖地區雌光螢生態調查及鑑定計畫成果報告。連江縣政府。87頁。
- 何健鎔、方華德、鄭恕涵、胡景瀚。2017。馬祖列島螢火蟲多樣性之研究。台灣生物多樣性研究 19: 147-160.
- 何健鎔、吳加雄、楊平世。2009。台灣螢火蟲生物多樣性之研究。台灣昆蟲特刊 13: 79-94.
- 何健鎔、鄭恕涵、方華德、陳陽發、楊平世。2012。北竿雌光螢幼蟲之捕食行為與發光現象。2012年動物行為、生態與全球變遷研討會，臺北市，臺灣。
- 陳燦榮。2003。台灣螢火蟲。田野影像出版社。台北市。255頁。
- 陳燦榮、鄭明倫。2012。螢在西拉雅。交通部觀光局西拉雅國家風景區管理處。台南市白河區。207頁。
- 陳陽發、楊智凱、王介鼎、王亞男、何健鎔、楊平世。2010。臺大實驗林溪頭自然教育園區賴氏雌光螢（鞘翅目：雌光螢科）生物學及發光行為觀察。國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 24: 195-208.
- 曹瑞芳。2006。海上桃花源—馬祖。連江縣政府文化局。連江縣。100頁。
- Branham, M. A., and J. W. Wenzel. 2001. The evolution of bioluminescence in cantharoids (Coleoptera: Elateroidea). Florida Entomologist 84: 565-586.
- Branham, M. A., and J. W. Wenzel. 2003. The origin of photic behavior and the evolution of sexual communication in fireflies (Coleoptera: Lampyridae). Cladistics 19: 1-22.
- Faust, F. L. 2017. Fireflies, Glow-worms, and Lightning Bugs. University of Georgia Press, Georgia.
- Green, E. E. 1912. On some luminous Coleoptera from Ceylon. Transactions of the Entomological Society of London 4: 717-719.
- Haneda, Y. 1950. Star-worm in Singapore. - Shin-Konchu, Tokyo 3: 2-5. (in Japanese)
- Harvey, E. N. 1952. Bioluminescence. Academic Press, New York.
- Ho, J. Z., Y. F. Chen, S. H. Cheng, X. L. Tsai, and P. S. Yang. 2012. Two new species of *Rhagophthalmus* Motschulsky (Coleoptera: Rhagophthalmidae) from Matzu Archipelago, Taiwan, with biological commentary. Zootaxa 3274: 1-13.
- Hosoe, T., K. Saito, M. Ichikawa, and N. Ohba. 2014. Chemical defense in the firefly, *Rhagophthalmus ohbai* (Coleoptera: Rhagophthalmidae). Applied Entomology and Zoology 49: 331-335.

- Kawashima, I., and M. Satô. 2001. Three new species of the genus *Rhagophthalmus* (Coleoptera, Rhagophthalmidae) from Southeast Asia. *Elytra* 29: 423-434.
- Kawashima, I., and H. Sugaya. 2003. A new species of *Rhagophthalmus* (Coleoptera, Rhagophthalmidae) from Taiwan. *Elytra* 31: 187-188.
- Kawashima, I., J. F., Lawrence, and M. A. Branham. 2010. Rhagophthalmidae Olivier, 1907. pp. 135-140. In: Leschen, RAB, Beutel RG, Lawrence, JF (eds). *Handbook of Zoology, Coleoptera Volume 2: Morphology and Systematics (Elateroidea, Bostrichformia, Cucujiformia partim)*. Walter de Gruyter, Berlin.
- Kobayashi, Y., H. Suzuki, and N. Ohba. 2001. Formation of a spherical germ rudiment in the glow-worm, *Rhagophthalmus ohbai* Wittmer (Coleoptera: Rhagophthalmidae), and its phylogenetic implications. *Proceedings of the Arthropodan Embryological Society of Japan* 36: 1-5.
- Kobayashi, Y., H. Suzuki, and N. Ohba. 2002. Embryogenesis of the Glowworm *Rhagophthalmus ohbai* Wittmer (Insecta: Coleoptera, Rhagophthalmidae), With Emphasis on the Germ Rudiment Formation. *Journal of morphology* 253:1-9.
- Kundrata, R., and L. Bocak. 2011. Redescription and relationships of *Pseudothilmanus* Pic (Coleoptera: Rhagophthalmidae) - a long-term neglected glow-worm beetle genus from the Himalayas. *Zootaxa*, 2794: 57-62.
- Lau, T. F. S., N. Ohba, K. Arikawa, and V.B. Meyer-Rochow. 2007. Sexual Dimorphism in the Compound Eye of *Rhagophthalmus ohbai* (Coleoptera: Rhagophthalmidae): II. Physiology and Function of the Eye of the Male. *J. Asia-Pacific Entomol.* 10: 27-31.
- Lau, T. F. S., and V.B. Meyer-Rochow. 2006. Sexual Dimorphism in the Compound Eye of *Rhagophthalmus ohbai* (Coleoptera: Rhagophthalmidae): I. Morphology and Ultrastructure. *J. Asia-Pacific Entomol.* 9: 19-30.
- Lewis, S.M., and C.K., Cratsley. 2008. Flash Signal Evolution, Mate Choice, and Predation in Fireflies. *Annual Review of Entomology* 53: 293-321.
- Li, X. Y., and X. C. Liang. 2008. A Gigantic Bioluminescent Starworm (Coleoptera: Rhagophthalmidae) from Northwest Yunnan, China. *Entomological News* 119: 109-112.
- Li, X. Y., N. Ohba, and X. C. Liang. 2008. Two new species of *Rhagophthalmus* Motschulsky (Coleoptera: Rhagophthalmidae) from Yunnan, south-western China, with notes on known species. *Entomological Science*

- 11: 259-267.
- Motschulsky, V. 1853. Diagnoses de Coleopteres nouveaux, trouves par M. M. Tararinoff et Guschkevitch aux environs de Pekin. Etudes Entomologiques 2: 44-51.
- Ohba, N. 2004. Flash Communication Systems of Japanese Fireflies. Integrative and Comparative Biology 44: 225-233.
- Ohba N., H. Goto, and I., Kawashima. 1996. Study on morphology, behavior, and habitat of the firefly *Rhagophthalmus ohbai* (=Iriomote botaru in Japanese name). Scient Rep Yokosuka City Museum 44:1-19 (in Japanese).
- Ridley, H. N. 1934. Further observations made in Singapore, upon geckos and distasteful moths and upon a luminous coleopterous, probably rhagophthalmid, larva. Proceedings of the Royal Entomological Society of London 9: 58-60.
- Slipinski, SA, Leschen RAB, Lawrence JF. 2011. Order Coleoptera Linnaeus, 1758. pp. 203–208. In: Z.-Q. Zhang (ed.). Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness. Magnolia Press, Auckland.
- Suzuki, H. and Y. Kobayashi. 2009. Embryogenesis of firefly: Phylogenetic implication of the family Rhagophthalmidae. Proceedings of International Symposium on “Diversity and Conservation of Fireflies” 30-35.
- Wittmer, W., and N. Ohba. 1994. Neue Rhagophthalmidae (Coleoptera) aus China und benachbarten Ländern. Japanese Journal of Entomology 62: 341-355.
- Yiu, V. 2017. A Study of Rhagophthalmidae and Lampyridae in Hong Kong with descriptions of new species Hong Kong with descriptions of new species (Coleoptera): Part 2. Lampyrid 4: 67-119.

Scientific note

First record of a phoretic relationship between *Lophochernes bicarinatus* (Pseudoscorpionida: Cheliferidae) and *Batocera davidis* (Coleoptera: Cerambycidae) in Taiwan

首次記錄台灣產雙首冠擬蠍(擬蠍目:蟹擬蠍科)與
大衛天牛(鞘翅目:天牛科)之攜播關係

Hsiang-Yun Lin^{1,*} and Hsi-Hsuan Liu²

林湘芸^{1,*} 劉錫軒²

¹ Department of Life Science, National Taiwan Normal University, No. 88, Sec. 4, Tingzhou Rd.,
Taipei 11677, Taiwan.

² Sacred Heart High School for Girls, No. 263, Sec. 1, Longmi Rd., New Taipei City 24931, Taiwan.

¹國立臺灣師範大學生命科學系 11677臺北市文山區汀州路四段88號

²新北市私立天主教聖心女中 24931新北市八里區龍米路一段263號

* 通訊作者 e-mail: sunnylin992@gmail.com

*Corresponding author e-mail: sunnylin992@gmail.com

Abstract

Pseudoscorpions are tiny arachnids with limited ability to disperse on their own. Through phoresy, they attach themselves onto arthropods, mammals, or birds to transport to new habitats. This article is the first record of a phoretic relationship between *Lophochernes bicarinatus* and *Batocera davidis*, which were collected from Taiwan.

Key words: phoresy, *Lophochernes bicarinatus*, *Batocera davidis*, pseudoscorpions

摘要

擬蠍是一種微小的蛛形綱動物，具有有限的播遷能力。透過攜播關係，擬蠍能攀附在其他的節肢動物、哺乳動物或鳥類身上，以遷徙至新的棲地。本文首次記錄台灣產雙首冠擬蠍與大衛天牛與之間的攜播關係。

關鍵詞：攜播、雙首冠擬蠍、大衛天牛、擬蠍

收件日期：2019年09月04日

Received: September 04, 2019

接受日期：2019年10月14日

Accepted: October 14, 2019

Pseudoscorpions are small arachnids ranging from 0.7 mm to 12 mm in size (Beccaloni 2009). They can be found under rocks, or in gaps of bark, as well as on humid forest floors. Because of their tiny size, pseudoscorpions have limited ability to disperse on their own. Through phoresy, non-parasitic hitchhiking, the pseudoscorpion attaches itself onto arthropods, mammals, or

birds to disperse to a new habitat. Legg (1975) mentioned that phoresy is the reason why members of the Chernetidae and Cheliferidae families have such a worldwide distribution.

The phoretic relationship between pseudoscorpions is common within a wide range of arthropods; at least three families of arachnids and 44 families of insects are

included. How the phoretic behavior originated is still unknown (Poinar *et al.* 1998). Weygoldt (1969) had suggested that the phoretic relationship between Coleoptera and pseudoscorpions is stable. Also, members of Chernetidae family can be found under the elytra of Coleoptera. The species of Chernetidae not only uses the Coleoptera for transportation, but also prey upon



Fig. 1. The elytra of *Batocera davidi* from Fushan, Yilan County, was uncovered with four male and 18 female *Lophochernes bicarinatus* individuals on its abdomen.



Fig. 2. *Lophochernes bicarinatus* (Simon 1878) was found in the gap of the bark in Beitou, Taipei. Photographed by Hsi-Hsuan Liu.

parasitic or phoretic mites that live on the Coleoptera.

However, evidence from Asia is scarce. The phoretic relationship of Coleoptera between *Lissochelifer superbus* and *Batocera celebiana* was the only confirmed record in Asia (Beier 1948; Poinar *et al.* 1998). Recently, we have found in Taiwan up to 22 pseudoscorpions on one single *B. davidis* (Fig. 1), a common longhorn beetle in South Asia, including China, Vietnam, Laos, and was introduced into Hawaii (Saha *et al.* 2013). The pseudoscorpions under the elytra of *B. davidis* were identified as *Lophochernes bicarinatus* (Simon 1878). *L. bicarinatus* can be found in Japan and Taiwan (Ellingsen 1912), particularly in the gaps of bark (Fig. 2) or in household items.



Fig. 3. *Lophochernes bicarinatus*, male.



Fig. 4. *Lophochernes bicarinatus*, female.

Furthermore, they are likely to consume some small arthropods like mites and booklice in their habitats (Morikawa 1960). This is the first recorded discovery of the phoretic association between *L. bicarinatus* and *B. davidis* in the world.

The phoresy of *L. bicarinatus* on *B. davidis* was observed on four dried specimens and one living specimen, which were collected by a light trap. One dried specimen was collected by S. P. Wu on 3 June 1995 in Shang-Baling (上巴陵), Taoyuan County, with two male and six female *L. bicarinatus* individuals; one was collected by S. P. Wu on 17 May 1996 in Fushan (福山),

Yilan County, with four male and 18 female *L. bicarinatus* individuals; two were collected by S. P. Wu on 29 May 1998 and 3 June 1998 in Taman (塔曼), Taoyuan County, with 21 female and one male *L. bicarinatus* individuals. One living specimen was collected by B. X. Guo on 10 May 2018 on Li-Jia forest road (利嘉林道), Taitung County, with three male and two female *L. bicarinatus* individuals.

Salient measurements (length and width in mm) and observations of the male

(Fig. 3) *L. bicarinatus* individual included the following details: body length: 2.24 and carapace: 0.72/0.65. For the male's pedipalps, the following measurements were noted: femur: 0.73/0.21; patella: 0.75/0.26; chela (with pedicel): 1.13/0.40; chela (without pedicel): 1.01; hand: 0.55/0.40; and movable finger: 0.50. For the female (Fig. 4) *L. bicarinatus* individual, we noted the following (using the same units of measurement as for the male): body length: 2.72 and carapace: 0.80/0.76; the female's pedipalps had the following measurements: femur: 0.69/0.21; patella: 0.76/0.25; chela (with pedicel): 1.26/0.40; chela (without pedicel): 1.13; hand (without pedicel): 0.57/0.40; and movable finger: 0.53. All the specimens are deposited in the Arachnological Collection of the Department of Life Science, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan.

Acknowledgements

We wish to express our gratitude to Dr. Shu-Ping Wu (Department of Earth and Life Science, University of Taipei, Taiwan) and Mr. Bo-Xin Guo for providing the specimens.

References

1. Beccaloni, J. 2009. Pseudoscorpion (false scorpions, book scorpions). pp. 271-289. In: J. Beccaloni (ed). Arachnids. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California.
2. Beier, M. 1948. Phoresie und Phagophilie bei Pseudoscorpionen. Österreichische zoologische Zeitschrift 1(5): 441-497.
3. Ellingsen, E. 1912. H. Sauter's Formosa-Ausbeute. Pseudoscorpions from Formosa. Nyt magasin for naturvidenskaberne 50: 121-128.
4. Legg, G. 1975. The possible significance of spermathecae in pseudoscorpions (Arachnida). Bulletin British Arachnological Society 3(4): 91-95.
5. Morikawa, K. 1960. Systematic studies of Japanese pseudoscorpions. Memoirs of Ehime University, Section II, Series B 4(1): 85-172.
6. Poinar, Jr. G. O., B. P. Čurčić and J. C. Cokendolpher. 1998. Arthropod phoresy involving pseudoscorpions in the past and present. Acta arachnologica 47(2): 79-96.
7. Saha, S., H. Ozdikmen, M. K. Biswas, and D. Raychaudhuri. 2013. Exploring flat faced longhorn beetles (Cerambycidae: Lamiinae) from the Reserve Forests of Dooars, West Bengal, India. ISRN Entomology 2013:

Article 737193, 8.doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/737193>

8. Simon, E. 1878. Description d'un genre nouveau de la famille des Cheliferidae. Bulletin de la Société Zoologique de France 3:66-67.
9. Weygoldt, P. 1969. The biology of pseudoscorpions. Harvard University Press, Cambridge, MA.

「台灣生物多樣性研究」稿約

壹、一般說明

- 一、《台灣生物多樣性研究》為行政院農業委員會特有生物研究保育中心出版之學術期刊，歡迎國內外學者發表有關生物多樣性或自然保育之學術論文與有關物種出現資料之資料論文，但以未曾在其他刊物發表之原創研究及資料為限。
- 二、本刊為網路期刊，隨時接受投稿，並於每年 1 月、4 月、7 月及 10 月在中心網站 (https://www.tesri.gov.tw/A15_2/content/31503) 刊登發行。
- 三、撰稿中、英文均可，來稿以完整微軟 WORD 格式文稿電子檔傳送至「台灣生物多樣性研究」期刊編輯委員會電子信箱(email: tjbd@tesri.gov.tw)。
- 四、經本刊接受刊登之稿件，投稿著作所有列名作者皆同意授權本刊單位以非專屬授權之方式再授權，並得為重製、公開傳輸、授權用戶下載、列印等行為。為符合資料庫之需求，並得進行格式之變更。
- 五、稿件無稿酬，但經刊登之文稿將提供 PDF 檔給作者，不另贈送抽印本。
- 六、來稿由本刊送請相關學者專家審查、簽註意見或修改，如需修改者再送請作者自行補充修正，作者應於收稿 2 週內完成修正，如於收稿 2 個月後仍未將修正稿件寄回者，視同放棄投稿。稿件付印前作者應負責校對。
- 七、通訊作者需在期刊出版前簽署文稿版權轉移同意書給期刊編輯室。

貳、文稿章節順序

一、學術論文部份

依照 1.題目, 2.作者姓名、服務單位、地址, 3.通訊作者之 e-mail, 4.摘要, 5.關鍵詞, 6.緒言, 7.材料與方法, 8.結果與討論(可分列), 9.結論(可省略), 10.謝誌(可省略), 11.引用文獻等順序撰寫; 其中 1 至 5 項請中英文並列, 本文為中文撰寫者, 依先中文後英文順序; 本文為英文撰寫者, 則先英文後中文。

文章若屬於研究短報(Note)者可不分章節。

二、資料論文部份

依照 1. 題目, 2. 作者姓名、服務單位、地址, 3. 通訊作者之 e-mail, 4. 摘要, 5. 關鍵詞, 6. 物種出現資料之資料集(Dataset)與詮釋資料(Metadata)連結網址, 請依據國際共通之達爾文核心集(Darwin Core, Dwc)及生態詮釋資料語言(Ecological Metadata Language, EML)格式, 儲存於廣用並長存之網路公開空間, 如全球生物多樣性資訊機構(GBIF)。

有關資料集, 作者應確保其正確性及所有權, 並使讀者可讀與清楚瞭解, 如有任何異常值或缺少值, 應特別標示; 有關詮釋資料, 至少須包括 1. 資料集概述, 2. 資料範圍(含分類、空間、時間等), 3. 採樣方法, 4. 智慧財產權聲明, 為鼓勵可由使用者自由分享、修改之開放資

料特性，作者應同意完全授權供使用，請參考相關授權資訊，例如：資料集之智慧財產權授權依 Open Data Commons Public Domain Dedication and License (PDDL-By) v1.0 (<http://www.opendatacommons.org/licenses/pddl/1.0/>) 之規定、詮釋資料之智慧財產權授權依 Open Data Commons Attribution License(ODC-By) v1.0 (<https://opendatacommons.org/licenses/by/1.0/>) 之規定。

- 三、另附標題頁(cover page)，註明簡題(short running title)及作者或聯絡人之姓名、電話、傳真、住址、e-mail 位址。

參、文稿結構

- 一、題目以 30 字為限。
- 二、作者中英文姓名之右上角以縮小數字標示服務單位註記。作者的英文姓名需列全名，名在前姓在後；複姓複名者，二字間用“-”相連；作者若為兩人，姓名間以“and”連接；若為三人或以上，除最後一人與其前一人間以“and”連接外，其餘之間以半形逗號連接。
- 三、中英文摘要以 500 字為限，摘要內容應以結果及結論為主，目的及方法可簡潔敘述或省略。避免使用條列式的摘要。
- 四、中英文關鍵詞以 5 個為限。

肆、文稿書寫應注意事項

- 一、文稿須以 Microsoft Word 可讀取之軟體編輯，以 A4 (30cm×21cm)白紙單面雙空行(double spaces)列印，文稿之天、地、左、右須留白 3 公分，於每頁正下方註記頁碼。
- 二、本文敘述，應用數字編號時，其層次：
中文用：一、(一)、1、(1)、...
英文用：I、(I)、1、(1)、A、a、(a)...
- 三、中英文單位請用公制之符號，例如：kg、mg、ml、ppm、pH、cm 等，數值請以阿拉伯數字表示之，年代一律採用西元。
- 四、插圖請用白紙(或繪圖紙)以黑墨水精繪，亦可採電腦製圖，惟須以雷射印表機列印；照片限原始攝影採光面相紙沖印者，幻燈片限用原片；未按規定之插圖致圖片模糊無法製版者不予受理。
- 五、圖片之標題在下方，表格標題在上方，標題需中英文並列，圖的說明應中英文對照另頁繕打，不可附在繪圖及相片上面。本文中圖表順序以圖 1，圖 2，表 1，表 2...，Fig. 1, Fig. 2, Table 1, Table 2, ...等表示。
- 六、圖表內容請用英文，表格不加縱線。圖、表均以 A4 大小列印，定稿後圖、表請送原稿。
- 七、引用文獻以確經引用者為限，文中提到之文獻，請列出姓氏、年代。
- 八、引用文獻書寫方式：先列中、日、韓文，次列西文，其書寫方法按作者、年份、題目、發表刊物名稱(全名，不採用縮寫)、卷期及頁號順序。

- 例：1.中、日文期刊：柳楮、徐國士。1971。台灣稀有及有絕滅危機之動植物種類。中華林學季刊 4(4): 89-96。
- 2.中、日文書籍：徐國士。1980。台灣稀有及有絕滅危機之植物。台灣省教育廳。
- 3.中、日文彙編書籍：徐國士。1987。台灣的稀有植物。周昌弘、彭鏡毅、趙淑妙撰(編)。台灣植物資源與保育 139-157 頁。中華民國自然生態保育協會。
- 4.英文期刊：Clough, B. 1998. Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hinchinbrook Channel, Australia. *Mangroves and Salt Marshes* 2: 191-198.
- 5.英文期刊：Pimm, S. L. and J. L. Gittleman. 1992. Biodiversity : Where is it ? *Science* 255: 940.
- 6.英文期刊：Baker, C. S., F. Cipriano and S. R. Palumbi. 1996. Molecular genetic identification for whale and dolphin products from commercial markets in Korea and Japan. *Molecular Ecology* 5: 671-685.
- 7.英文書籍：Soule, M. E. and B. A. Wilco. 1980. *Conservation biology: An evolutionary-ecological, approach*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- 8.英文彙編書籍：Jinchu, H. and W. Fuwen. 1990. Development and progress of breeding and rearing giant pandas in captivity within China. pp. 322-325. *In*: H. Jinchu (ed.). *Research and progress in biology of the giant panda*. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Sichuan, People's Republic of China.

Notice to Contributors

I. General Guides:

1. The Taiwan Journal of Biodiversity is an online journal (January, April, July and October, http://tesri.tesri.gov.tw/list_protect.php) by the Endemic Species Research Institute, Council of Agriculture. The journal is an academic publication that welcomes the submission of manuscripts of various biological disciplines, including data paper, in the field of biodiversity. The manuscripts are limited to original work and species occurrence data previously unpublished in any other journal.
2. The journal accepts manuscripts written in either Chinese or English. Submission of manuscripts in Microsoft WORD format to be done via email: tjbd@tesri.gov.tw
3. Manuscript submitted will be sent to at least two referees in the field of its specialty for peer review and comments. Revised manuscripts will be reexamined by the Editorial Board. Author(s) are responsible for proof correction of the printer's copy to ensure accuracy.
4. Corresponding author is required to sign a Copyright Transfer Agreement for the paper accepted for publication to the journal publisher, the Endemic Species Research Institute.

II. Manuscript Preparation:

1. Research paper: Manuscript should be written in a sequence of 1) Title, 2) Authors' full name 3) Author(s) affiliations(s) and address(es), 4) Abstract, 5) Key words, 6) Introduction, 7) Materials and methods, 8) Results, 9) Discussion, 10) Conclusions, 11) Acknowledgements, 12) Literature Cited. Of them 1 to 5 should be written in dual languages, Chinese and English.
2. Data paper: Manuscript should be written in a sequence of 1) Title, 2) Authors full name, 3) Author(s) affiliations(s) and address(es), 4) Abstract, 5) Key words, 6) URL of the website where the dataset and metadata are available. The dataset and metadata should be built in the international standard formats of Darwin Core (DwC) and Ecological Metadata Language (EML). For species occurrence open data repositories, Global Biodiversity Information Facility (GBIF) is suggested. Author(s) must confirm the correctness and authenticity of the data prior to submission. The data should be readable and its meaning obvious for the data user(s). Importantly, if anomalies, outliers, and/or missing values are included in the data, a distinct number or symbol should be used to clearly identify those values. Metadata should be written at least in 1) Dataset content, 2) Coverage (including Taxonomic, Spatial and Temporal aspects), 3) Methods, 4) Intellectual property rights disclaimer. To promote the free dissemination of biodiversity open data, author(s) should not assert any proprietary rights to the dataset and metadata. For example,

This {DATA(BASE)} is made available under the Open Data Commons Public Domain Dedication and License v1.0. (<http://www.opendatacommons.org/licenses/pddl/1.0/>)

This {DATA(BASE)- NAME} is made available under the Open Data Commons Attribution License v1.0. (<https://opendatacommons.org/licenses/by/1.0/>)
3. Cover page should contain title of manuscript, author name(s), author's (s') affiliation(s),

corresponding author's name, telephone number, fax number and e-mail address, and a short running title.

4. Title should be less than 30 words. Capitalize the first letter of each word except articles, conjunctions and prepositions.
5. Author's name should be first name first followed by surname. For multiple authors, use a comma to separate the names but the last two names by "and."
6. Running title should be less than 50 letters including spaces.
7. Abstract must be a single paragraph not exceeding 500 words.
8. Key words should be no more than 5 words.

III. Manuscript Format:

1. Manuscript must be typed using standard software (Microsoft Word) with top, bottom, left and right. Mark page numbers on the bottom.
2. Manuscript should be typed in a uniform character size. There is no need to differentiate paragraph, title, subtitle or contents by using large or small characters.
3. Measurements should use International System of Units (kg, mg, km, m, cm.... etc.). All numerals or quantities should be expressed in Arabic numbers. Years in the text should use A.D. universally.
4. Figures and tables in the text should be sequenced by Arabic numbers (e.g. Fig.1 and Table 1). Both graphs and photos use same "Fig." designation.
5. Common name of an animal or plant that appears in title and first appears in abstract and text should be accompanied with scientific name. All scientific names in manuscript should be in italics.
6. When citing a reference in text, use surname and year, e.g. (Clough 1998) for single author; use "and" to link authors, e.g. (Pimm and Gittleman 1992) for double authors; and use "et al." e.g. (Baker et al. 1996) for multiple authors. When citing multiple references, separate them with semi-colons in chronological order.
7. Use the following system for arranging references in literature cited.

For journals:

Clough, B. 1998. Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hinchinbrook Channel, Australia. *Mangroves and Salt Marshes* 2: 191-198.

Pimm, S. L. and J. L. Gittleman. 1992. Biodiversity: Where is it? *Science* 255: 910-940.

Baker, C. S., F. Cipriano and S. R. Palumbi. 1996. Molecular genetic identification of whale and dolphin products from commercial markets in Korea and Japan. *Molecular Ecology* 5: 671-685.

For books and symposiums:

Soule, M. E. and B. A. Wilco. 1980. *Conservation biology: An evolutionary-ecological approach*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Jinchu, H. and W. Fuwen. 1990. Development and progress of breeding and rearing giant pandas in captivity within China. pp. 322-325. In: H. Jinchu (ed). *Research and progress in biology of the giant panda*. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Sichuan, China.

8. Table should be typed on a separate sheet and be headed by a title of dual languages (Chinese and English). It consists of only horizontal lines and typed with English terms (if possible) and Arabic numerals. If foot notes are required, mark with superscripts 1, 2, *, #, etc.
9. Figure should be drawn with black ink on a separate white tracing paper with a figure legend of the dual languages below. Computer graph made from laser printer is acceptable.
10. Photograph should be a glossy black and white shot with sufficient resolution to be clearly legible after reduction. When multiple photos are employed, the author should arrange them in plates. Micrographs should include bars indicating scales of magnification. Photos should be pasted on white A4 paper loosely with the figure legend below.